www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

6e JAARGANG No. 8, blz. 225-256 AUGUSTUS 1941

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELENDE TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUCTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

REDACTIE: HET NATUURKUNDIG LABORATORIUM DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, EINDHOVEN

KLEINE APPARATEN VOOR MEDISCH RÖNTGENONDERZOEK

door H. A. G. HAZEU.

621.386.1 : 616-073

Beschrijving van de schakeling en constructie van twee kleine, draagbare röntgenapparaten voor de medische diagnostiek, de „Centralix" en de „Practix". Deze apparaten van klein vermogen worden toegepast in gevallen, waar de te onderzoeken patient niet naar de röntgenkamer van het ziekenhuis getransporteerd kan worden, en ook voor gevallen, waarbij het geen zin heeft, groote röntgenintensiteiten toe te passen (tandopnamen en derg.). Bij dergelijke kleine apparaten worden de röntgenbuis en de hoogspanningsgenerator tot één geheel samengebouwd. In het „Centralix"-apparaat is dit geschied door het ijzer van de hoogspanningstransformator de vorm van een holle cylindrische ring te geven, in welks holte de wikkelingen en in welks axiale opening de röntgenbuis zijn ondergebracht. Zoo ontstaat een zeer compact en licht geheel. Bij de „Practix" werd terwille van een betere warmte-afvoer een minder gedrongen bouwwijze gekozen; een warmtebalans toont dan ook aan, dat dit toestel goed te gebruiken is voor een continu bedrijf (doorlichten). De apparaten kunnen zoowel zonder speciale ophanging alsook in combinatie met verschillende, speciaal hiervoor geconstrueerde, deels draagbare statieven worden toegepast.

Wie de röntgenkamer van een modern ziekenhuis betreedt, zal in het algemeen geïmponeerd worden door de omvangrijke en ingewikkeld lijkende apparaturen, die hij daar ziet opgesteld: groote röntgenbuizen, opgehangen aan zware statieven, groote hoogspanningsgeneratoren, zware kabels, ingewikkelde inrichtingen voor het plaatsen van patient en filmcassette, enz.[1]). Dat men bij de ontwikkeling der röntgentechniek tot dergelijke groote apparaten is gekomen, is veroorzaakt door de wensch om in alle gevallen, ook voor moeilijk te fotografeeren lichaamsdeelen als long, maag, bekken enz., de best mogelijke röntgenopnamen te kunnen verkrijgen. Hiervoor zijn groote röntgenintensiteiten, dus apparaten van groot vermogen vereischt.

Door hun omvang en gewicht zijn deze apparaten aan een min of meer vaste opstelling gebonden en is het noodzakelijk, de patient naar het desbetreffende toestel te transporteeren en hem in een bepaalde houding hierin te zetten. Nu komen er echter vaak genoeg gevallen voor, waarin dit ten eenenmale onmogelijk is. Men denke bijv. aan patienten met ernstige fracturen, patienten met rekverbanden, patienten, die thuis aan het bed gekluisterd zijn, enz. Om in dergelijke gevallen toch een röntgenonderzoek te kunnen uitvoeren, zal de medicus, wat betreft de kwaliteit van het röntgenbeeld resp. de universeele toepasbaarheid van zijn toestel, gaarne wat water in zijn wijn willen doen, als hij maar een apparaat ter beschikking krijgt, dat transportabel is en de noodige vrijheid in de opstelling biedt.

Anderzijds zijn er ook gevallen, waar een gemakkelijke beweegbaarheid en instelbaarheid van het apparaat — hoewel altijd van voordeel — niet strikt noodzakelijk is, maar waar slechts zoo geringe röntgenintensiteiten noodig zijn, dat een apparaat van groot vermogen een verkwisting zou beteekenen. Dit geldt o.a. voor het röntgenonderzoek van kaak en tanden door den tandarts.

Voor deze gevallen, waarin de medicus hetzij nolens hetzij volens met een kleinere röntgenintensiteit genoegen neemt, heeft Philips als één der eerste fabrieken draagbare röntgenapparaten van klein vermogen ontwikkeld (het eerst het „Metalix"-Junior-toestel, dat al in 1927 op de markt kwam). Tegenwoordig worden hoofdzakelijk twee apparaten van dit genre gemaakt, die we in hetgeen volgt willen beschrijven.

Algemeene constructie van röntgenapparaten

Dat apparaten van groot vermogen groot en zulke van klein vermogen klein zullen zijn, voelt

[1]) Zie bijv. H. A. G. Hazeu en J. M. Ledeboer, Een universeel apparaat voor röntgendiagnostiek, Philips techn. T. **6**, 12, 1941.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

men wel. Maar voor een beter begrip is het nuttig, de oorzaken hiervan aan de hand van een overzicht van een röntgeninstallatie te specificeeren.

De röntgenbuis, die in de medische diagnostiek met spanningen tot 100 kV wordt bedreven, moet in de eerste plaats voldoend groote afmetingen hebben om de vereischte hoogspanningsisolatie, met name tusschen de anode- en kathode-doorvoering, te waarborgen. Deze afmetingen worden nog grooter, wanneer de buis ter beveiliging van medicus en patient door een geaarde mantel wordt omgeven, waarbij op de noodige isolatie-afstanden tusschen mantel en doorvoeringen moet worden gelet. Voorts moet de buis, wanneer zij voor continu bedrijf (doorlichten!) bestemd is, ook een voldoende groot oppervlak hebben om de warmte, die op de anode wordt ontwikkeld, zonder overmatige temperatuurverhooging kwijt te kunnen raken.

Omvang en gewicht van de hoogspanningsgenerator worden, behalve door de reeds genoemde gezichtspunten van isolatie en warmte-afvoer, in belangrijke mate bepaald door de wensch om de warmte-ontwikkeling klein te houden, waarvoor een zware kern en wikkeling van de hoogspanningstransformator noodig zijn. Tevens is deze zware constructie van de transformator gewenscht om de spanningsverliezen te beperken, die bij afname van groote buisstroomen (in groote installaties tot 700 mA!) optreden [2]). In het algemeen wordt de omhoog getransformeerde wisselspanning nog gelijkgericht, aangezien hierdoor de opbrengst aan röntgenstraling per mm² oppervlak van de brandvlek aanzienlijk verbeterd kan worden.

Om de röntgenbuis voldoende gemakkelijk te kunnen instellen, wordt zij door middel van twee lange, buigzame hoogspanningskabels aan de polen van de vast opgestelde generator verbonden. Wat de verdere accessoires betreft, zooals statieven, regelinrichtingen voor spanning, stroom, belichtingstijd, enz., deze worden naar rato omvangrijker en ingewikkelder, als men hoogere eischen aan de prestaties en de universeele toepasbaarheid van de installatie stelt.

Stellen we nu onze eischen lager, dan kan in de eerste plaats met een kleinere buisspanning en een kleinere buisstroom worden volstaan. Beperkt men de spanning van 100 kV tot bijv. 60 of 65 kV — veel lager kan men niet gaan, daar dan het rendement van de opwekking der röntgenstralen en het doordringend vermogen der stralen te gering wordt —, dan worden buis en generator reeds aanmerkelijk kleiner, daar de isolatie-moeilijkheden veel sterker dan evenredig met de spanning toenemen. Wat de buisstroom betreft, deze kan men voor zeer vele doeleinden beperken tot 10 of 5 mA [3]); de hoogspanningsgenerator wordt dan veel kleiner en lichter, vooral ook, wanneer we er van afzien om, wat de specifieke brandvlekbelasting betreft, het onderste uit de kan te willen halen en derhalve de hoogspanningsgelijkrichter, met de hiervoor benoodigde ventielen en andere toebehooren, achterwege laten.

Hebben we op deze wijze de buis en de hoogspanningsbron tot bescheidener afmetingen en gewicht teruggebracht, dan rest alleen nog de kabel te beschouwen, want de andere deelen der installatie zijn ondertusschen vanzelf verdwenen of aanzienlijk geslonken; het statief voor de patient vervalt automatisch bij de toepassingen, die we hier op het oog hebben, het statief voor de buis wordt naar evenredigheid met de buis kleiner en lichter, en de regelinrichtingen worden ook heel wat eenvoudiger, wanneer we ons tot minder moeilijke objecten beperken en dus minder of heelemaal geen eischen meer aan de regelbaarheid van de spanning enz. stellen. De afmetingen van de hoogspanningskabels echter en van hun doorvoering door het geaarde omhulsel van de buis zijn in hoofdzaak voorgeschreven door de vereischte isolatie en hebben dus het slinken van de generator slechts in beperkte mate meegemaakt. Terwijl de kabel oorspronkelijk werd ingevoerd om de buis, los van de zware generator, gemakkelijk te kunnen instellen, blijkt nu vanaf een bepaald vermogen de kabel zelf zwaarder te worden en meer belemmerend te werken dan de generator! Het ligt voor de hand, dat men, beneden deze vermogensgrens gekomen, de kabel beter kan laten vervallen en de hoogspanningstransformator met de buis tot één geheel kan vereenigen. Aan de zoo verkregen „eenheid" kan de noodige electrische energie uit het lichtnet worden toegevoerd door een dun laagspanningssnoer.

Deze grondgedachte is in de kleine Philipsapparaten op tweeërlei wijze verwezenlijkt. We

[2]) Dit is vooral ook van belang voor de fijne regelbaarheid van de buisspanning; zie hiervoor het in noot [1]) aangehaalde artikel.

[3]) In feite behoeft de kwaliteit van het röntgenbeeld bij het verkleinen van de buisstroom niet eens dadelijk sterk achteruit te gaan. Immers, een kleinere buisstroom maakt het mogelijk om bij toepassing van dezelfde maximale specifieke brandvlekbelasting met een kleinere brandvlek te werken (bij een kleinere brandvlek wordt de toelaatbare specifieke belasting zelfs nog iets grooter door de zijdelingsche warmte-afleiding in het anodeblok); daardoor kan men voor eenzelfde geometrische onscherpte de afstand tusschen brandvlek en object verkleinen, waardoor de röntgenintensiteit op de film grooter wordt. Weliswaar ontstaat hierbij, wanneer men met dikke objecten te maken heeft, een toenemende verteekening van het röntgenbeeld. Bij dunne objecten, zooals bijv. kaak en tanden, handen, enz. speelt deze verteekening echter geen rol.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

beschouwen eerst het eenvoudigste toestel, het „Centralix"-apparaat.

Het „Centralix"-apparaat

De schakeling

Bij de constructie van dit toestel is in het bijzonder gedacht aan de toepassing in de praktijk van den tandarts. Hierbij kan steeds met éénzelfde buisspanning, van ongeveer 58 kV, worden gewerkt. Daar bij kaakopnamen de afstand brandvlek-film zeer klein kan worden gemaakt (15 à 20 cm, bij een brandvlekgrootte van 1,2×1,2 mm, zie noot [3]), is een buisstroom van 5 mA voldoende om in alle voorkomende gevallen met redelijke belichtingstijden (hoogstens enkele seconden) te kunnen werken.

Terwijl bij toestellen met regelbare spanning en stroom een afzonderlijke gloeistroomtransformator noodig is om de buisstroom (d.i. de kathodeemissie) onafhankelijk van de buisspanning te kunnen varieeren, kan in ons geval, waar slechts één stroom-spanningscombinatie voorkomt en de gloeispanning dus in een vaste verhouding tot de buisspanning staat, de gloeidraad uit een paar extra windingen op de hoogspanningstransformator worden gevoed. De schakeling wordt daardoor uiterst eenvoudig, zie *fig. 1*. De secundaire wikkeling van de hoogspanningstransformator is in het midden geaard, zoodat elke pool slechts voor de halve spanning (ca 30 kV) behoeft te worden geïsoleerd. Aan de kathodepool zijn de extra windingen S_3 voor de gloeistroom aangebracht, alsmede een kleine weerstand R_1, waarmee de gloeistroom bij het monteeren van het geheel op de juiste waarde wordt afgesteld. De primaire wikkeling van de transformator wordt op het 220 V-net aangesloten via een schakelaar, welke bediend wordt met behulp van een schakelklokje. Met dit klokje, dat is te vergelijken met de momentsluiter van een fototoestel, wordt de belichtingstijd ingesteld.

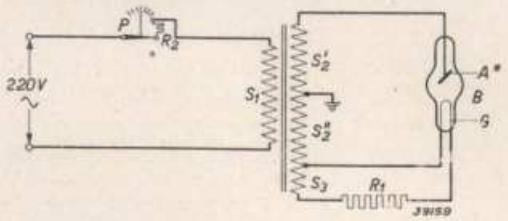


Fig. 1. Schakeling van het „Centralix"-toestel. B röntgenbuis met anode A en gloeikathode G; S_1 primaire, $S_2' + S_2''$ secundaire wikkelingen van de hoogspanningstransformator, S_3 extra windingen voor de gloeispanning; R_1 instelweerstand voor de gloeistroom (wordt in de fabriek ingesteld); P netschakelaar, bediend door schakelklokje. Bij het inschakelen blijft eerst gedurende eenige tiende seconden de weerstand R_2 voorgeschakeld, waardoor spanning en stroom van de buis iets beneden normaal zijn, zoodat practisch nog geen röntgenstraling wordt opgewekt, terwijl toch de gloeidraad al bijna op de volle vereischte temperatuur komt.

De transformator

Voor het probleem van het samenbouwen van röntgenbuis en transformator is hier een elegante oplossing gevonden, die we aan de hand van *fig. 2* willen toelichten. Fig. 2*a* geeft de eenvoudigste

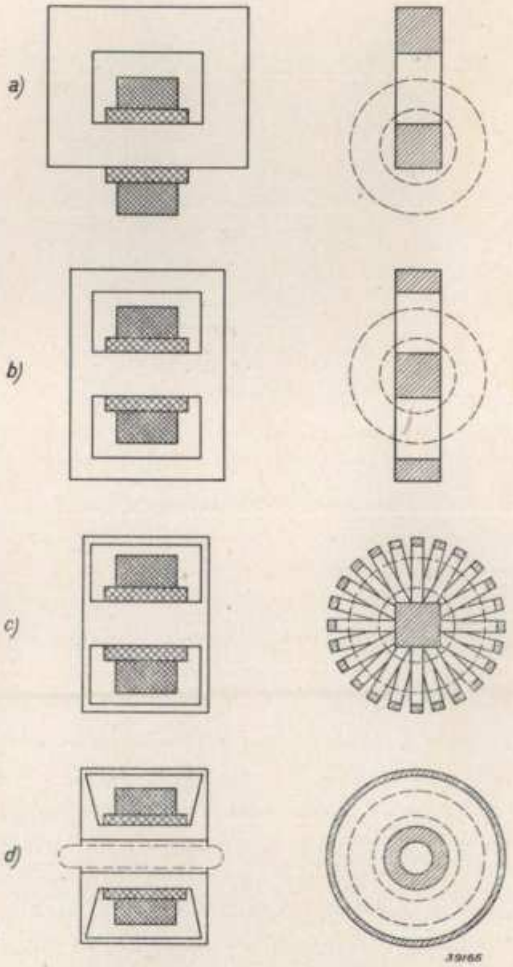


Fig. 2. Door onderverdeeling van het juk van de normale kerntransformator (*a*) komt men via de manteltransformator (*b*) tot een cylindrische constructie (*c*), waaruit door uitsparen van een cylindrische opening in de as de vorm van het „Centralix"-toestel is afgeleid (*d*).

en meest toegepaste vorm van een transformator weer (zg. kerntransformator): de primaire en secundaire wikkelingen zijn om een ijzeren kern aangebracht, die door een om de spoelen heengrijpend juk is gecompleteerd tot een gesloten magnetisch circuit. Men kan het juk ook in tweeën splitsen en de tweede helft aan de andere zijde om de spoelen sluiten, zie fig. 2*b* (manteltransformator). Hierbij blijkt men voor eenzelfde inductie met wat minder ijzer uit te komen. Nog meer ijzer spaart men, wanneer men nog een stap verder gaat en het juk in een groot aantal deelen verdeelt, die men straalsgewijze om de spoelen heen sluit, zie fig. 2*c*. In het „Centralix"-apparaat werd nu inderdaad deze weg gevolgd, waarbij echter in de as van de ont-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

staande cylindervormige constructie een ruimte werd uitgespaard om de röntgenbuis onder te brengen, fig. 2*d*. Op deze wijze wordt een uiterst klein en compact geheel verkregen.

buis door te laten. De in andere richtingen uitgezonden röntgenstralen worden door de transformator opgevangen, zoodat geen speciale loodmantel voor de beveiliging tegen deze stralen noodig is.

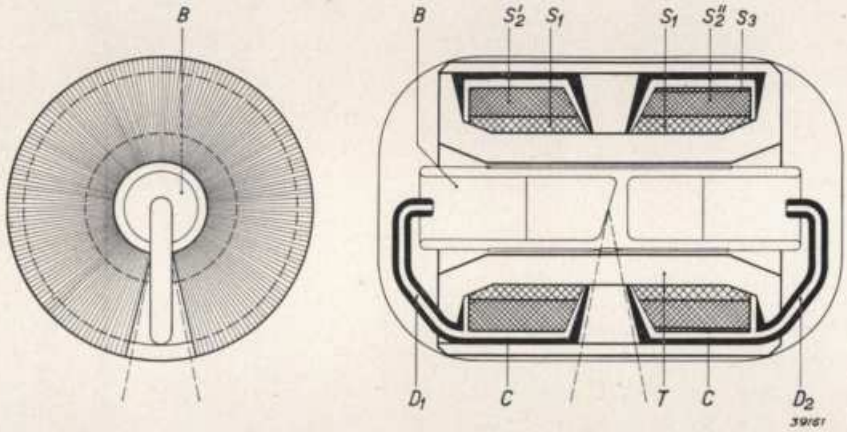


Fig. 3. Doorsnede van het „Centralix"-toestel. De in de as geplaatste röntgenbuis B is dun geteekend. T transformatorkern in de vorm van cylindrische holle ring. S_1 laagspannings-, S_2' en S_2'' hoogspanningswikkelingen, C „Philite" cylinders, D_1 en D_2 anode- en kathode-doorvoeringen.

In *fig. 3* is de constructie van de transformator wat meer in detail weergegeven. De twee helften van de secundaire wikkeling liggen naast elkaar als twee afzonderlijke spoelen om de cylindrische ijzeren kern, waarbij de geaarde uiteinden (d.i. het midden van de secundaire wikkeling) het dichtst op het ijzer liggen. In de opeenvolgende lagen van de wikkeling wordt de spanning steeds hooger, en de uiterste lagen dragen tenslotte de volle spanning van ca 30 kV tegen aarde, zoodat hier de beide spoelen voor ca 30 kV ten opzichte van het ijzer en voor ca 60 kV ten opzichte van elkaar geïsoleerd moeten zijn. Voor de isolatie tusschen de spoelen en het ijzer kon hier op zichzelf reeds met een betrekkelijk kleine afstand worden volstaan, dank zij het feit, dat de naar de spoelen toegekeerde zijde van het ijzer een volkomen glad, cylindrisch oppervlak vormt, zonder hoeken of kanten, die plaatselijke veldsterkteverhoogingen zouden veroorzaken. Om de afstand echter nog verder te kunnen reduceeren en dus bij eenzelfde spoelvolume het ijzeren lichaam nog kleiner te kunnen maken, werd elke spoel met een „Philite" cylinder (C in fig. 3) omgeven, terwijl de tusschenruimten werden volgegoten met een vaste isoleerende massa (compound). Om de noodige onderlinge isolatie-afstand tusschen de toppen van de twee spoelen te verkrijgen, zijn de spoelen met naar buiten smaller wordende (trapeziumvormige) doorsnede gewikkeld. Zooals men in fig. 3 ziet, ontstaat hierdoor vanzelf in de lengtedoorsnede een V-vormige opening, die noodig is om de nuttige kegel der röntgenstralen van de binnenin gelegen

Dit is nog een bijkomstig voordeel van de hier gekozen wijze van samenbouwen van buis en transformator, evenals het feit, dat de brandvlek van de buis nu nabij het zwaartepunt van de geheele eenheid komt te liggen: hierdoor blijft nl. de brandvlek bij draaiïngen van het toestel, wanneer dit gebalanceerd in een statief is opgehangen, op zijn plaats, waardoor het instellen wordt vergemakkelijkt.

De ijzeren kern is volgens vlakken door de as gelamelleerd, zoodat inderdaad het in fig. 2*c* geschetste beeld van een in vele zelfstandige smalle jukken verdeeld ijzercircuit ontstaat. De lamellen vullen niet de geheele cirkelomvang, maar laten een smalle sector open (fig. 3), waardoorheen de doorvoerstukken D_1 en D_2 voor de verbindingen van de hoogspanningswikkeling naar de röntgenbuis zijn gelegd. Tevens ontstaat hierdoor ook in de dwarsdoorsnede de noodige opening voor het uittreden van de nuttige röntgenstralenbundel.

De röntgenbuis

De buis zelf is in *fig. 4* in doorsnede weergegeven.

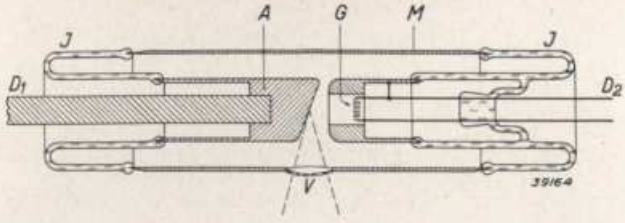


Fig. 4. Doorsnede van de röntgenbuis van het „Centralix"-apparaat. A anode, G gloeidraad omgeven door kathodedop, M geaarde metalen cylinder, V venster voor de röntgenstralen, I ingestulpte glazen isolatiestukken.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

Zij is van de bij Philips veel gebruikte constructie, waarbij de ruimte tusschen kathode en anode (ontladingsruimte) wordt omgeven door een geaarde metalen cylinder. Deze cylinder is hier vrij lang gemaakt om een afdoende beveiliging der glazen buisdeelen tegen secundaire electronen te waarborgen. Om daarbij zonder verlenging van de buis toch voldoend lange kruipwegen tusschen de metalen cylinder en de electroden te verkrijgen, zijn de glazen buisstukken, die deze deelen mechanisch verbinden en electrisch scheiden, op de in fig. 4 zichtbare wijze ingestulpt. Zoodoende werd een zeer korte en stevige buis verkregen, zie *fig. 5*. Speciale aandacht moest nog worden besteed aan de isolatie tusschen de buiselectroden en de ijzerkern van de transformator. Om hier overal de noodige afstanden via glas en lucht tusschen het aardpotentiaalvlak (de ijzerkern) en de op hoogspanning staande doorvoeringen te krijgen, heeft de cylindrische opening van het transformatorlichaam aan weerskanten de in fig. 3 zichtbare trechtervorm. Bovendien zijn de doorvoeringen wederom met compound afgedekt.

Een vermeldenswaardige bijzonderheid van de buis is nog de constructie van de kathode. Bij een normale röntgenbuis werkt men zoo ver in het verzadigingsgebied van de kathode-emissie, dat reeds bij $^1/_3$ van de maximale bedrijfsspanning de buisstroom zijn topwaarde bereikt, zie *fig. 6a*. Het gevolg is, dat over een groot gedeelte Δt van de periode van de wisselstroom een aanzienlijke energiedissipatie plaats vindt, terwijl wegens het sterk toenemen van het rendement der stralenopwekking met de spanning slechts in de nabijheid der topwaarde van de wisselspanning een noemenswaardige röntgenstraling wordt verkregen. Door nu rondom de gloeidraad een kathodedop van bepaalde vorm aan te brengen (een soort „rooster"), kan de werking van de ruimtelading, welke de gloeidraad-emissie tracht te remmen, zoo sterk worden vergroot, dat eerst nabij de topwaarde van de buisspanning de maximale buisstroom gaat vloeien, fig. 6*b*. Hierdoor wordt de verhouding tusschen de totale röntgenenergie en de totale anodebelasting aanzienlijk verbeterd. Deze kunstgreep kan natuurlijk alleen worden toegepast, wanneer men steeds met ongeveer dezelfde buisspanning werkt, zooals bij het „Centralix"-apparaat het geval is; bij een normale buis, die op zeer uiteenloopende buisspanningen wordt bedreven, moet men bij de laagste gebruikte spanning nog in het verzadigingsgebied van de emissie komen, zoodat men bij de hoogste spanningen vanzelf in een toestand als in fig. 6*a* vervalt.

Fig. 5. Röntgenbuis van het „Centralix"-toestel, geschikt voor een buisspanning tot ca 60 kV en een buisstroom tot ca 10 mA.

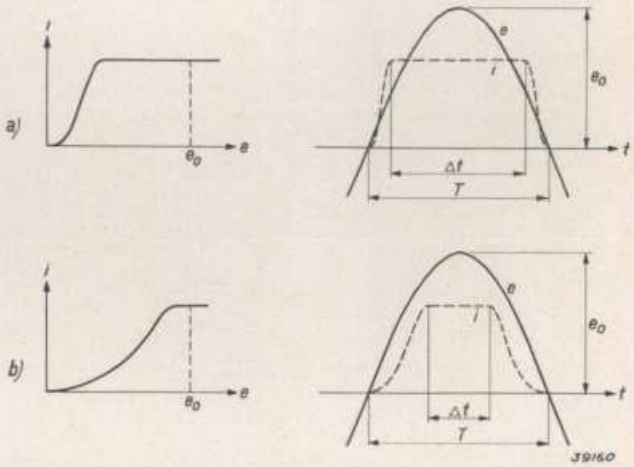


Fig. 6. *a*) Kathode-emissie (= buisstroom) i als functie van de buisspanning e, bij een normale röntgenbuis. De maximale buisspanning e_0 ligt zoover in het verzadigingsgebied, dat de buisstroom over een groot gedeelte Δt der periode T van de voedende wisselspanning de verzadigingswaarde heeft.
b) Hetzelfde als in (*a*), voor de buis van het „Centralix"-apparaat. De buisstroom bereikt nu alleen, wanneer de wisselspanning nabij haar topwaarde e_0 is, zijn verzadigingswaarde. Het stralenrendement is hierdoor beter dan in (*a*).

Ophanging en gebruik van het toestel

De buis en de transformator worden omgeven door een gladde verchroomde mantel, terwijl het zoo verkregen cylindrische lichaam, om zijn as draaibaar, wordt opgehangen in een metalen beugel, zie *fig. 7*. In deze beugel bevindt zich ook het schakelklokje, dat op belichtingstijden tusschen $^1/_4$ en 12 seconden kan worden ingesteld en dat met een Bowden-draad, als in fototoestellen gebruikelijk, in bedrijf wordt gezet. Op de opening, waardoor de röntgenstralen uittreden, is een „Philite" conus geschroefd, waarmee men kan controleeren, of de centrale straal van de röntgenkegel wel naar het object wijst. Dit hulpmiddel voor het richten van het apparaat is noodig, doordat er nu in tegenstelling met de normale, groote, röntgentoestellen geen vaste onderlinge orienteering van film, object en brandvlek meer aanwezig is — het over boord werpen van deze vaste orienteering was immers juist het uitgangspunt voor het construeeren der kleine apparaten. In plaats van de conus kan ook een loodglazen of metalen buis worden gebruikt, die tevens de zijdelingsche uitbreiding van de röntgenstralenbundel beperkt, of bij grootere afstanden tusschen brandvlek en film een uitschuifbare centreerstaaf. Deze laatste moet natuurlijk tijdens de opname worden weggenomen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

Fig. 7. Het „Centralix"-toestel, tezamen met schakelklokje gemonteerd in een beugel en voorzien van „Philite" conus voor het richten van de röntgenbundel.

Daar het apparaat (zonder beugel) bij een grootste afmeting van 25 cm slechts 12 kg weegt, kan men bij ambulant gebruik van het apparaat veelal met een of andere geïmproviseerde ondersteuning volstaan. Voor het gebruik door den tandarts kan het apparaat worden opgehangen aan een verrijdbaar statief of aan een in alle richtingen draaibare en uittrekbare wandarm. Het filmpje wordt bij kaakopnamen in de mond van de patient gelegd en van binnen tegen de te fotografeeren kiezen gedrukt. *Fig. 8* toont een foto, die op deze wijze met het „Centralix"-apparaat werd verkregen.

Het „Practix"-apparaat

Bij het sluiten van een compromis tusschen de prestaties en de omvang van een röntgeninstallatie kan men de klemtoon natuurlijk naar willekeur meer op het eene of op het andere laten vallen. Bij de „Centralix" werd de nadruk zeer sterk op het verkrijgen van een klein en eenvoudig geheel gelegd. De practijk heeft echter uitgewezen, dat er eveneens behoefte bestaat aan een apparaat, waarbij het compromis wat meer naar de andere zijde is verschoven: dus een apparaat, dat nog wel bij de patient gebracht en ingesteld kan worden, maar dat overigens wat grooter en ingewikkelder mag zijn om dienovereenkomstig veelzijdiger gebruik toe te laten. Dit beteekent niet alleen de wenschelijkheid om opnamen met een wat grootere en regelbare spanning en stroom te kunnen maken, maar vooral ook om te kunnen doorlichten. Aan deze wenschen komt het „Practix"-apparaat tegemoet.

De schakeling

Dit toestel is ingericht voor twee spanningen, nl. één van ca 60 kV, die gebruikt wordt voor opnamen van schedel, schouder, wervels enz. en één van ca 52 kV voor kaakopnamen en derg. [4]). De hoogere spanning wordt zeer eenvoudig verkregen door op de primaire wikkeling een aftakking aan te brengen, waardoor de transformatieverhouding vergroot wordt. In dit geval kan men echter de gloeidraad van de röntgenbuis niet zonder meer voeden uit een wikkeling op de hoogspanningstransformator, aangezien dan bij de lagere spanningstrap de gloeispanning 20% lager en de kathode-emissie (de buisstroom) daardoor ca 90% lager zou zijn dan bij de hooge spanningstrap.

Om dit te vermijden, past men bij regelbare apparaten, zooals hierboven terloops reeds werd vermeld, in het algemeen een afzonderlijke gloeistroomtransformator toe. Ter besparing van gewicht en ruimte is hier echter een andere weg gevolgd, die uit het schakelschema *fig. 9* blijkt. De gloeispanning wordt voor het grootste gedeelte door een wikkeling S_3 op de hoogspanningstransformator gegeleverd. In serie hiermee is een kleine hulptransformator T_h geschakeld, welks primaire wikkeling over een weerstand R_4 met diverse aftakkingen op het net wordt aangesloten. Door nu bij de hoogere spanning een groot gedeelte van R_4, bij de kleinere spanning een klein gedeelte vóór te schakelen, wordt er voor gezorgd, dat de kleine transformator T_h de gloeispanning elke keer juist tot de gewenschte

Fig. 8. Röntgenfoto van kiezen (achtergedeelte van rechter onderkaak), verkregen met het „Centralix"-apparaat. Men ziet zeer mooi de omvang en ligging van de aanwezige metalen vullingen.

[4]) De lagere spanningstrap wordt in de apparaten, die niet speciaal voor tandartsen worden geleverd, weggelaten, daar men bij opnamen voor normale diagnostische doeleinden met de hoogere trap kan volstaan. Echter blijft de verderop beschreven omschakeling op doorlichten aanwezig.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

waarde aanvult (buisstroom 10 mA). Daar T_h slechts het karakter van een correctie-element heeft, is hiervoor een zeer lichte constructie mogelijk (zie hieronder).

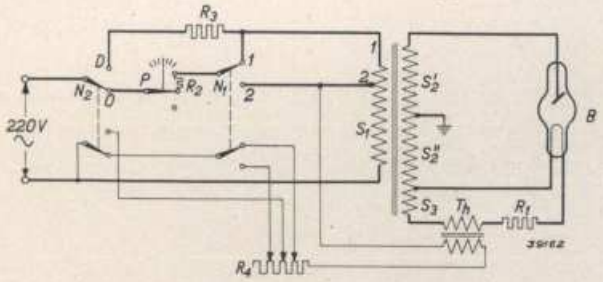


Fig. 9. Schakeling van het „Practix"-toestel, met twee spanningstrappen voor opnamen. Op de primaire wikkeling S_1 van de hoogspanningstransformator zijn hiervoor twee aftakkingen *1* en *2* aangebracht, waartusschen met de schakelaar N_1 wordt gekozen. Hierbij wordt automatisch ook de juiste aftakking op de vóórschakelweerstand R_4 van de hulpgloeistroomtransformator T_h gekozen om beide malen een buisstroom van 10 mA te verkrijgen. Met de schakelaar N_2 kan worden omgeschakeld op „doorlichten", waarbij automatisch een derde aftakking op R_4 de stroom tot 3 mA terugbrengt. R_3 is een dempweerstand, de overige letters hebben dezelfde beteekenis als in fig. 1.

In fig. 9 ziet men, dat het kiezen van lage of hooge opnamespanning eenvoudig door omzetten van de schakelaar N_1 geschiedt. Een tweede schakelaar (N_2) dient voor het overgaan van „opname" naar „doorlichten": hierbij wordt (via een dempweerstand R_3) de hoogspanningstransformator op de aftakking (*1*) voor lage spanning geschakeld, terwijl tevens door een aftakking op R_4 de buisstroom op een kleinere waarde dan voor opname, nl. op 3 mA, wordt ingesteld (daar bij deze kleinere buisstroom ook de spanningsverliezen in de transformator enz. kleiner zijn, is de spanning bij doorlichten niet ca 52, maar ca 57 kV). Deze vermindering van de buisstroom is mogelijk, daar men bij het doorlichten met een kleinere röntgenintensiteit uitkomt, en zij is wenschelijk, daar het anders veel moeilijker wordt om de verwarming van het apparaat in de vereischte mate te beperken.

De constructie

Om de temperatuurverhooging van het apparaat bij het doorlichten voldoende klein te houden, is het noodig om de verliezen in de transformator zooveel mogelijk te beperken, maar tevens om voor een goede warmte-afvoer van de transformator en van de buis te zorgen. Dit gezichtspunt gaf aanleiding om het elegante constructie-principe van de „Centralix" weer te laten varen. Immers, hierbij is, wat de warmte-afvoer betreft, de situatie voor de binnenin gemonteerde buis alsook voor de wikkelingen, die zorgvuldig geïsoleerd in de holle transformator zijn opgesloten, wel zeer ongunstig, terwijl tevens het vaste impregneermateriaal, waarmee ter beperking van de noodige isolatie-afstanden de wikkelingen alsmede de uiteinden van de buis werden bedekt, bij langdurige verwarming aanleiding kan geven tot moeilijkheden: er kunnen dan nl. door het uitzetten en krimpen in de compound holten ontstaan, die de isolatie in gevaar brengen [5]).

Om deze redenen werd bij het „Practix"-apparaat weer de klassieke kerntransformator van fig. 2*a* toegepast en werd, in plaats van de compound, olie als isolatiemateriaal gebruikt. Dank zij de hooge doorslagvastheid (ook bij hooge temperatuur) van de olie komt men dan weer tot een heel kleine constructie. Weliswaar brengt het vullen met olie een grooter gewicht van het apparaat mee en veroorzaakt het constructief een complicatie door de noodzakelijkheid van een oliedichte afsluiting, daartegenover staat echter weer het voordeel, dat door de olie de warmte-afvoer ten zeerste wordt vergemakkelijkt.

Fig. 10 laat een doorsnede van het geheele toestel zien. De röntgenbuis, welke identiek is met die van het „Centralix"-toestel, is tegen het niet bewikkelde been van de transformatorkern bevestigd. Een loodmantel om de buis levert de noodige bescherming tegen ongewenschte stralen. Naast de buis is de hulp-gloeistroomtransformator (T_h in fig. 9) ondergebracht, die dank zij het geringe vereischte vermogen met een eenvoudige rechte kern (dus met open magnetisch circuit) kon worden geconstrueerd, waaromheen zich, door een isolatiebus onderling gescheiden, de laagspannings- en hoogspanningswikkeling bevinden. Het geheel bevindt zich in olie en is omgeven door een geaarde mantel, die terwille van de oliedichte afsluiting is dichtgesoldeerd. Het vullen met olie (impregneeren) geschiedt onder vacuum om geen voor de isolatie schadelijke resten van lucht en vocht over te houden. Daar bij de te verwachten temperatuurveranderingen (bijv. —10 °C in de winter, tot +60 °C na langdurig gebruik voor doorlichten) op ca 5% volumeverandering van de olie moet worden gerekend, zijn in de zijwanden van het toestel harmonica-achtige bussen van zeer dun metaal aangebracht (fig. 10), die een beweging van de bodem der bussen over enkele millimeters en daarmee de noodige uitzetting van de olie toelaten.

---

[5]) Bij de „Centralix", die hoofdzakelijk voor opnamen gebruikt wordt, is de verwarming zoo gering, dat hierdoor geen moeilijkheden optreden, vooral ook, omdat de compound hier slechts in dunne lagen gebruikt is, waarin zich geen noemenswaardige holten kunnen vormen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

De warmtebalans van het toestel

Dank zij het feit, dat door de verwarming de olie tijdens het bedrijf in beweging wordt gebracht, kan men aannemen, dat de in buis en transformator ontwikkelde warmte zich vrij gelijkmatig over de olie en de metalen deelen tezamen, 2400 cal. Uitgaande van de koude toestand (temperatuur T_0) verloopt de temperatuur T van het toestel volgens

$$T - T_0 = (T_{max} - T_0) \cdot (1 - e^{-t/\Theta}),$$

waarbij t de tijd, $T_{max} - T_0$ de hierboven berekende

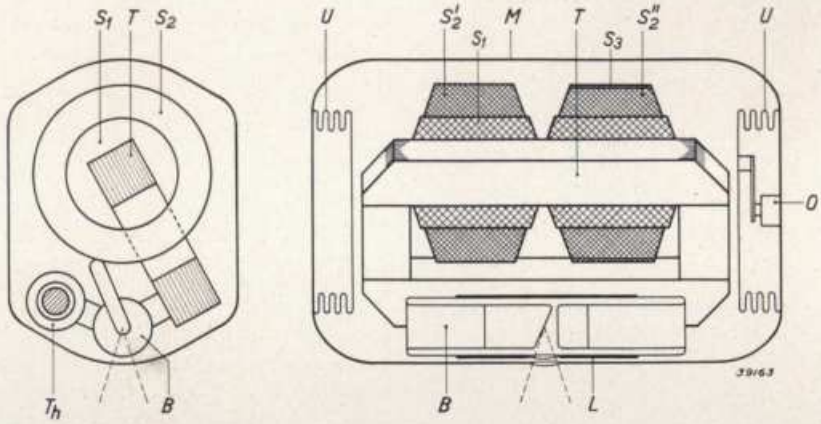


Fig. 10. Constructie van het „Practix"-toestel. De hoogspanningstransformator heeft een kern T van de normale vorm (raam met ongeveer vierkante doorsnede), die schuin in het toestel is gelegen. Op het ééne been van de kern, dat ongeveer in de as van het toestel ligt, zijn de wikkelingen S_1, S_2' en S_2'' aangebracht; tegen het andere been is de door een loodmantel L omgeven röntgenbuis B bevestigd, en hieraan weer de hulpgloeistroomtransformator T_h. Het geheel bevindt zich in olie en is omgeven door de geaarde mantel M. U veerende bussen voor het uitzetten van de olie, O schakelaar voor de beveiliging tegen oververhitting.

olie en daarmee over het geheele toestel zal verdeelen. Nu bedraagt het gedissipeerde vermogen bij doorlichten 166 watt (nl. 131 W in de buis en 35 W in de hoogspanningstransformator en in de gloeistroomketen), terwijl het oppervlak van het apparaat 1600 cm² groot is. Rekenen we met een warmte-afvoer van 10^{-3} W/cm²·°C, hetgeen overeenkomt met wat men bij sterkstroom-olietransformatoren vindt, dan zien we, dat bij continu bedrijf de temperatuur zoolang zal stijgen, totdat een temperatuur van 166/1,6 = 104° boven kamertemperatuur is bereikt. Natuurlijk zou men een dergelijke temperatuurverhooging niet kunnen toelaten; maar in werkelijkheid komt het ook nooit zoover, om tweeërlei redenen: bij het doorlichten is het bedrijf niet heelemaal continu, maar treden telkens pauzen op, bijv. voor het instellen en ondervragen van de onderzochte patient en voor het roepen van de volgende. Schakelt men in deze pauzen, die ongeveer even veel tijd in beslag nemen als het eigenlijke doorlichten, het toestel uit — wat toch al gewenscht is om de patienten zoo min mogelijk aan de röntgenstraling bloot te stellen —, dan is het wattverbruik gehalveerd en is de eindtemperatuur van het toestel, bij een kamertemperatuur van 20 °C, tot 20 + 104/2 = 72 °C beperkt. Bovendien echter duurt het een heele tijd, vóór deze eindtemperatuur wordt bereikt, dank zij de warmtecapaciteit van het toestel. Deze bedraagt in totaal, dus voor de uiteindelijke temperatuurverhooging (104 resp. 52°) beteekent en Θ het quotient van warmtecapaciteit en warmte-afgifte per seconde en °C. Hieruit berekent men, dat bij het genoemde intermitteerende bedrijf (normaal doorlichten) en bij de betrekkelijk hooge begintemperatuur van 25 °C eerst na bijna 2 uren een temperatuur van 60 °C wordt bereikt, die nog heel goed toelaatbaar is.

Natuurlijk moet men, wanneer men op deze wijze met een grootere warmtetoevoer dan -afvoer wil werken, nog een beveiliging aanbrengen om te voorkomen, dat bij te langdurig gebruik oververhitting van het toestel optreedt. Hierin kon zeer gemakkelijk worden voorzien met behulp van de reeds vermelde harmonica-achtige bussen in de zijwanden, die bij verwarming van de olie worden samengedrukt: op de bewegelijke bodem van één dezer bussen is een beugel bevestigd, die bij een bepaalde verschuiving, beantwoordend aan de hoogst toelaatbare temperatuur, een schakelaar bedient, die de stroomtoevoer van de hoogspanningstransformator onderbreekt. Als toelaatbare grens wordt gewoonlijk een temperatuur van ca 60 °C ingesteld.

De bovenstaande berekening werd goed bevestigd gevonden bij toepassing van het apparaat in het massa-doorlichtingsonderzoek van de Medische Afdeeling van het Philips-bedrijf. Hier werden bijv. wel eens in 1 uur en 40 minuten 70 personen onderzocht, zonder dat de automaat uitschakelde.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

Ophanging en gebruik van het toestel

Het dichtgesoldeerde apparaat is 30 cm lang en weegt 14 kg. Het wordt, evenals de „Centralix", om zijn as draaibaar in een beugel gemonteerd, zie *fig. 11*. Het schakelklokje, dat op dezelfde wijze als bij de „Centralix" de belichtingstijd regelt, is tezamen met de beide omschakelaars N_1 en N_2 in een zg. handschakelaar ondergebracht. Hierin bevindt zich tevens de instelweerstand R_4 (zie fig. 9), waarmee men, zonder het eigenlijke apparaat te openen, de buisstroomen voor opnamen en doorlichten kan bijregelen, wanneer dit noodig mocht zijn.

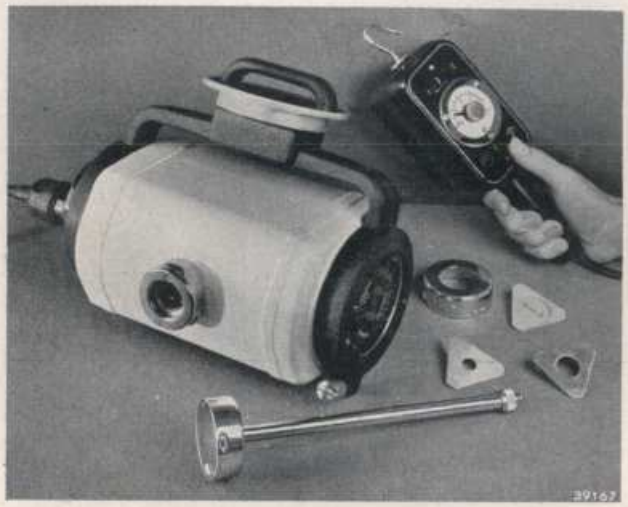


Fig. 11. Het „Practix"-apparaat, gemonteerd in een beugel met „schotel" en handvat. Rechts de handschakelaar, die de omschakelaars N_1 en N_2 voor de twee spanningstrappen en voor het doorlichten, alsmede het schakelklokje en de weerstand R_4 bevat. Daarvóór een telescopisch uittrekbare staaf, die voor het richten van het toestel op de uittree-opening van de röntgenbundel kan worden gezet, en eenige diafragma's en filters.

Fig. 12. Het doorlichten met de „Practix", zonder gebruik van statief (onderzoek van beenfractuur).

Hoewel men ook met het „Practix"-apparaat opnamen met geïmproviseerde ondersteuning kan maken en op deze wijze ook kan doorlichten (*fig. 12*), is het voor de meeste situaties toch gewenscht om het toestel in een statief te kunnen bevestigen. Bijzondere zorg werd er aan besteed om aan deze wensch te voldoen zonder de vooropgestelde eisch van transporteerbaarheid en gemakkelijke instelbaarheid bij een onbeweeglijke patient in het gedrang te brengen. Als eenvoudigste statief, dat gemakkelijk vervoerd kan worden, dient een samenklapbaar vierpootstatief met uitschuifbare pooten (*fig. 13*). Met behulp van de ring met flens, die zich onder het handvat van het toestel bevindt (zg. „schotel", zie fig. 11), kan het toestel tusschen de twee evenwijdige horizontale pijpen van het statief worden gehangen en is dan behalve om zijn eigen horizontale as nog om een verticale as draaibaar. In samengeklapte toestand kan het statief met het toestel en toebehooren in een kleine koffer worden ondergebracht (*fig. 14*); het totale gewicht van deze draag-

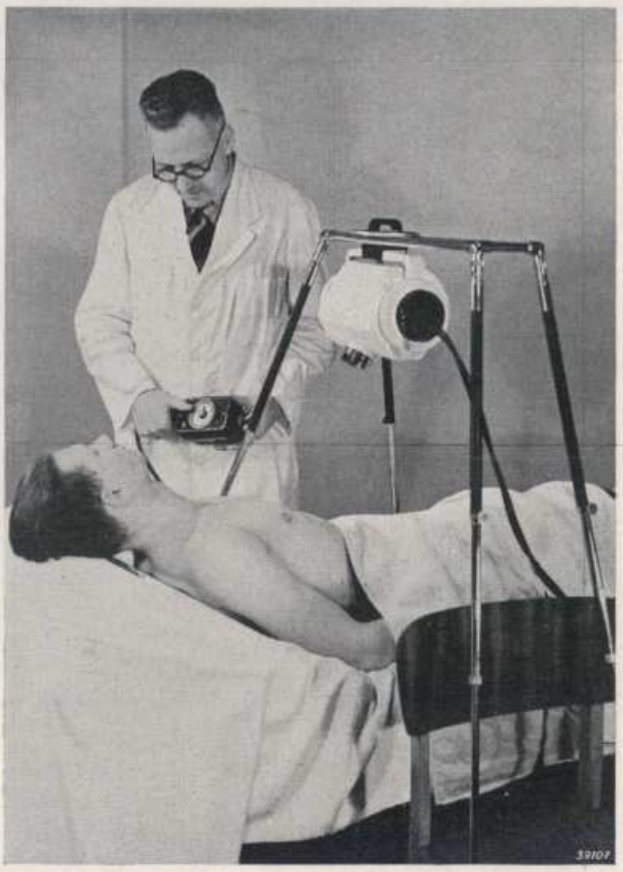


Fig. 13. Ophanging van de „Practix" met haar schotel in de gleuf van een transportabel, opvouwbaar vierpoolstatief (longopname van patient thuis; ook longopnamen zijn met het apparaat met bevredigende kwaliteit te maken).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

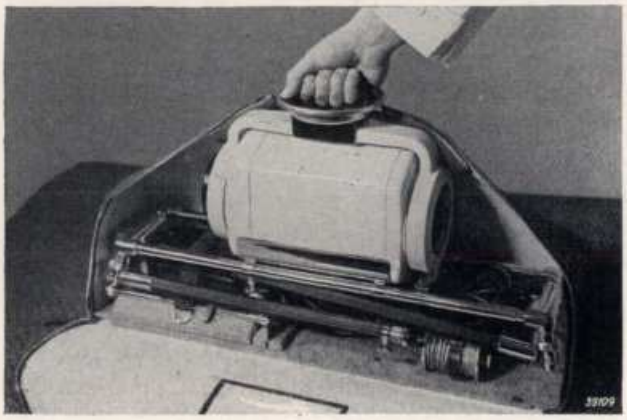


Fig. 14. Het „Practix"-apparaat wordt tezamen met het opvouwbare vierpootstatief en overige toebehooren in een kleine koffer ondergebracht.

bare installatie is slechts 25 kg, zoodat bijv. de huisarts, die een patient op het platteland moet bezoeken, haar gemakkelijk in zijn wagen kan vervoeren.

Daarnaast is een wat zwaarder en comfortabeler, verrijdbaar statief ontwikkeld, waarmee het apparaat op willekeurige hoogte tusschen ca 30 en 170 cm boven de grond, en op 20 tot 60 cm afstand van de statiefzuil kan worden gefixeerd, terwijl de röntgenstralenbundel nog onder elke gewenschte hoek in de ruimte kan worden gericht. Gecombineerd met dit statief is het „Practix"-apparaat speciaal geschikt voor ziekenhuizen en veldlazaretten, waar het dan ook sedert een jaar met goede resultaten wordt gebruikt voor het onderzoek van gewonden, het toetsen van de juiste ligging van gips- en rekverbanden, het controleeren op de operatietafel van moeilijke chirurgische ingrepen (*fig. 15*) en soortgelijke toepassingen. Juist de gemakkelijke verplaatsbaarheid en instelbaarheid van het apparaat blijkt hier te leiden tot een uitgebreider toepassing van het röntgenonderzoek, dan bij gebruik van groote apparaten alléén mogelijk zou zijn.

Fig. 15. Contrôle-opname van een zg. heupverpenning, gemaakt met het „Practix"-toestel tijdens de operatie. De opname toont aan, dat ook van een dergelijk vrij moeilijk object een goede foto verkregen wordt.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

EEN TOESTEL VOOR HET ONDERZOEK VAN DE GEHOORSCHERPTE (AUDIOMETER)

door L. BLOK en H. J. KÖSTER. 534.771

In plaats van de vroeger gebruikelijke mechanisch-acoustische hulpmiddelen gaan de oorartsen tegenwoordig voor het ooronderzoek steeds meer gebruik maken van electrische apparaten, die continue zuivere tonen van regelbare sterkte leveren. Een dergelijke „audiometer", die uit de reeds eerder beschreven toongenerator GM 2307 is ontwikkeld, wordt hier besproken. De wijze van toepassing, waarbij het gaat om het bepalen van de — soms zeer laag gelegen — drempelwaarden van de oorgevoeligheid, stelt zeer hooge eischen aan de storingsvrijheid van het signaal van de audiometer. De maatregelen worden beschreven, waardoor aan deze eischen kan worden voldaan. Voorts wordt ingegaan op een aantal hulpinrichtingen, die de oorarts voor het onderzoek noodig heeft. De resultaten van het onderzoek kunnen worden vastgelegd in een „audiogram", dat het gehoorverlies in decibel als functie van de frequentie aangeeft en dat als een der grondslagen voor de diagnose en de eventueele behandeling kan dienen.

De afwijkingen in de functie van het oor, welke men bij slechthoorenden waarneemt, kunnen zoowel kwantitatief als kwalitatief groote individueele verschillen vertoonen. Kwantitatief, in de mate van achteruitgang der oorgevoeligheid ten opzichte van die van een normaal persoon; kwalitatief, in de wijze, waarop de afwijking zich voor de verschillende toonhoogten manifesteert: er zijn bijv. gevallen, waarbij het oor voornamelijk hooge tonen slecht hoort, andere, waarbij de gevoeligheid alleen voor lage tonen verminderd is, enz.

Het streven van den oorarts, die voor een bepaald geval een nauwkeurige diagnose wil stellen, zal er in de eerste plaats op gericht zijn, de achteruitgang van de gehoorscherpte als functie van de toonhoogte te meten. Daarnaast zal hij trachten vast te stellen, in welk gedeelte van het oor de afwijking gelocaliseerd is. De verkregen inzichten zullen niet alleen een vingerwijzing geven voor de eventueel toe te passen therapeutische behandeling, maar tevens van belang zijn bij de beslissing, of de patient een gehoorapparaat dient te gebruiken en welk.

Voor het meten van de vermindering der oorgevoeligheid voor verschillende toonhoogten bediende zich de oorarts tot nu toe in het algemeen van een stel stemvorken. Deze werden achtereenvolgens op bepaalde wijze aangeslagen om dan vrij uit te trillen. De patient moest bij elke stemvork aangeven, op welk oogenblik hij het geluid niet meer kon hooren. Klaarblijkelijk zal de patient, bij een bepaalde beginsterkte en een bepaalde demping (decrement) van het geluid der stemvork, des te eerder niets meer hooren, naarmate zijn oorgevoeligheid voor die toonhoogte geringer is. De mate van achteruitgang der oorgevoeligheid ten opzichte van een normaal persoon werd dan ook door de oorartsen rechtstreeks aangegeven door de „verkorting" in seconden.

Men ziet dadelijk de bezwaren, die deze opzichzelf zeer eenvoudige methode heeft. De demping van een stemvork hangt in hooge mate af van haar frequentie, alsook van allerlei details van de constructie. Eenerzijds kunnen dus de uitkomsten van verschillende onderzoekers, wanneer deze eenigszins verschillende stemvorken gebruiken, aanzienlijk uiteenloopen. Anderzijds is de gevonden „verkorting" ook geen bruikbare maat voor de belangrijkheid van de afwijking. Beschouwt men nl. twee frequenties, waarvoor de bijbehoorende stemvorken op de in *fig. 1a* en *b* weergegeven wijze uittrillen,

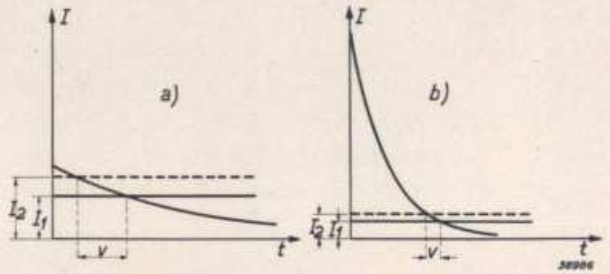


Fig. 1. Verloop van de geluidsintensiteit bij het uittrillen van een stemvork met lage frequentie (*a*) en met hooge frequentie (*b*). In beide gevallen is de normale gehoordrempel voor de desbetreffende frequentie (I_1) door een getrokken lijn aangegeven, terwijl de gestippelde lijn de verhoogde gehoordrempel van een slechthoorende aangeeft (I_2). Bij eenzelfde verhouding I_2/I_1, dus eenzelfde gehoorverlies in decibel, wordt in beide gevallen een geheel verschillende „verkorting" v gevonden.

dan ziet men, dat eenzelfde achteruitgang van de oorgevoeligheid (dwz. eenzelfde verhooging van de drempelwaarde, in decibel gemeten) in beide gevallen geheel verschillende „verkortingen" levert [1]).

[1]) Ook het aantal decibel van het gehoorverlies is, bij vergelijking van verschillende frequentiegebieden, geen geheel zuivere maat voor de belangrijkheid der afwijking. Het is echter een veel beter bruikbare maat dan de „verkorting" en heeft bovendien het voordeel der exacte en reproduceerbare meetbaarheid.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

Bovendien is de verkrijgbare geluidsintensiteit bij stemvorken voor lage frequentie (fig. 1*a*) veelal zoo klein en de drempelwaarde van het oor voor deze frequenties zoo hoog, dat reeds bij betrekkelijk geringe slechthoorendheid de patient al van den beginne af niets hoort en dus in het geheel geen „verkorting" gemeten kan worden, terwijl bij stemvorken voor hooge frequentie (fig. 1*b*) de demping vaak zoo groot is, dat de patient moeite heeft om het tijdstip nauwkeurig aan te geven, waarop het geluid voor hem verdwijnt, zoodat het meetresultaat zeer onscherp wordt.

Deze nadeelen hebben geleid tot een in de laatste jaren steeds duidelijker wordend streven om de stemvorken en de andere mechanisch-acoustische hulpmiddelen van den oorarts te vervangen door modernere apparaten, die dan geen gedempte, maar continue tonen, van regelbare sterkte, moeten voortbrengen.

Het ligt voor de hand om voor dit doel gebruik te maken van de oscillatoren, welke in de techniek worden toegepast om onderdeelen van electro-acoustische installaties, zooals versterkers, kabels, luidsprekers enz. te onderzoeken. Deze oscillatoren leveren sinusvormige wisselspanningen met regelbare, over het geheele acoustische gebied te varieeren frequentie en met regelbare sterkte. Een dergelijk toestel, dat men gewoonlijk als „toongenerator" aanduidt, al behoeft het voor de oorspronkelijke toepassingen geen „toon" voort te brengen, hebben wij reeds eerder in dit tijdschrift beschreven [2]). Door aansluiting van een luidspreker en door eenige wijzigingen in de constructie, alsmede toevoeging van diverse hulpinrichtingen, kon uit deze toongenerator een toestel, speciaal geschikt voor het ooronderzoek, worden ontwikkeld. Het verkregen apparaat (audiometer) en zijn toepassing willen we hier in het kort beschrijven.

Constructie van de audiometer

Fig. 2 laat een sterk vereenvoudigd schema van de oorspronkelijke toongenerator zien (type GM 2307). Om practische redenen [3]) wordt hierin de wisselspanning van de gewenschte lage frequentie niet rechtstreeks door een oscillator opgewekt, maar wordt zij verkregen als zweving van twee hoogere frequenties f_1 en f_2. De twee oscillatoren G_1 en G_2 wekken spanningen van deze beide hooge frequenties op; de spanningen worden toegevoerd aan de mengbuis M, in welker anodestroom daardoor alle combinatiefrequenties $mf_1 \pm nf_2$ optreden. Het signaal met de gewenschte lage frequentie $f_1 - f_2$ wordt door het filter F uitgezeefd en in de versterker V op het noodige peil gebracht (normaal 200 milliwatt). De uitgangsfrequenties f_1 en f_2 der oscillatoren G_1 en G_2 kunnen door middel van draaicondensatoren gevarieerd worden tusschen 100 en 101 resp. tusschen 100 en 85 kper/sec. Hierdoor kan de verkregen verschilfrequentie $f_1 - f_2$ geregeld worden van 0 tot 16 kper/sec, d.i. binnen het geheele acoustische frequentiegebied. Het regelen van de sterkte geschiedt door middel van de instelbare verzwakker D.

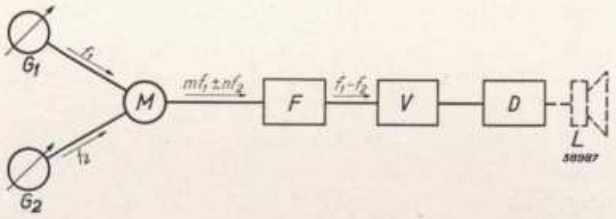


Fig. 2. Principeschema van de toongenerator GM 2307. G_1 en G_2 oscillatoren, M mengbuis, F filter, V versterker, D verzwakker. Achter D kan een luidspreker L worden aangesloten.

Voor het ooronderzoek wordt nu achter de verzwakker een luidspreker aangesloten, naar welks geluid de patient moet luisteren. Met behulp van de verzwakker kan de oorarts de verkregen toon zoover verzwakken, dat de patient hem nog juist hoort. Is de verzwakkingsfactor hierbij d_1 decibel, dan zal voor een normaal persoon een grootere verzwakking d_2 noodig zijn om op overeenkomstige wijze tot de drempel van de oorgevoeligheid te komen. Het verschil $d_2 - d_1$ is het gehoorverlies in decibel (achteruitgang der oorgevoeligheid) van den slechthoorende, voor de desbetreffende frequentie.

Men ziet, dat het, althans bij de ijking van de audiometer, noodig is om de door het toestel geleverde toon ook tot de drempel van de oorgevoeligheid van een normaal persoon te verzwakken. Daar deze drempel buitengewoon laag ligt — bij 1000 per/sec neemt het normale oor nog een geluidsintensiteit van 10^{-16} watt/cm² waar —, moet bij de audiometer in veel hoogere mate dan bij de normale toepassingen van de toongenerator er op worden gelet, dat geen storende geluiden optreden. Als zoodanig moeten beschouwd worden het brommen door de wisselstroomvoeding (de 50 per/sec van het net), het in elke versterker aanwezige ruischen, het zg. zingen van de uitgangstransformator, de door niet-lineaire vervorming veroorzaakte boventonen, en tenslotte de schakelstooten bij het inschakelen van een toon.

De amplitude van de bromspanning bedroeg bij de toongenerator $^1/_2$ à 1% van die van het nuttige

[2]) L. Blok, Een toongenerator, Philips techn. T. 5, 276, 1940.
[3]) Zie hiervoor het in noot [2]) aangehaalde artikel.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

signaal. Dit beteekent, dat aan het oor van den patient behalve de gewenschte toon altijd ook een toon van 50 per/sec, met 40 db lagere intensiteit, zou worden toegevoerd. Beschouwen we de oorgevoeligheidskromme van een normaal persoon,

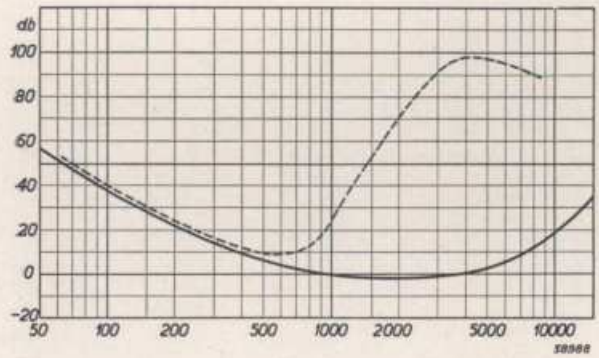


Fig. 3. Verloop van de drempelwaarde der geluidsintensiteit voor een normaal oor als functie van de frequentie (getrokken kromme, volgens S. S. Stevens en H. Davis, Hearing, uitg. Wiley & Sons, New York 1938, pag. 50). De drempel voor een frequentie van 1000 per/sec is willekeurig gelijk 0 decibel gesteld. In een bepaald geval van slechthoorendheid kan bijv. de gestippelde drempelkromme worden gevonden.

zie *fig. 3*, dan zien we, dat hierdoor geen fouten kunnen ontstaan, daar de drempel bij geen enkele frequentie 40 db hooger, bij de meeste frequenties integendeel veel lager ligt dan de drempel voor 50 per/sec. Stel nu echter, dat een patient moet worden onderzocht, wiens oorgevoeligheid alleen voor hooge tonen sterk verminderd is, bijv. volgens de gestippelde drempelkromme in fig. 3. Bij een frequentie van bijv. 4000 per/sec zou deze patient het eigenlijke signaal nog niet, wel echter reeds de 40 db zwakkere bromtoon van 50 per/sec kunnen hooren, zoodat een foutief beeld van de oorgevoeligheid zou worden verkregen. Om de kans op dergelijke fouten zooveel mogelijk te verminderen, zijn speciale maatregelen genomen om het brommen van het toestel nog zwakker te maken. De plaatspanning van de diverse versterkerbuizen is nog zorgvuldiger vereffend dan in de toongenerator, en hoewel de kathoden der buizen van het indirect verhitte type zijn, dat opzichzelf reeds weinig aanleiding geeft tot brommen, is men er bovendien nog toe overgegaan, de kathoden met gelijkstroom te voeden. De vereischte gelijkspanning wordt door een kleine seleengelijkrichter met eenvoudig vereffeningsfilter geleverd. Op deze wijze werd het brommen zoo sterk beperkt, dat zelfs bij een gehoorverlies van 105 db bij 1000 per/sec, dat men als totale doofheid moet bestempelen, nog geen fouten kunnen optreden.

Soortgelijke beschouwingen gelden voor het ruischen. Het niveau hiervan is echter bij de toongenerator GM 2307 reeds zoo laag, dat geen speciale maatregelen ter bestrijding ervan behoefden te worden genomen.

Bij het zingen van de uitgangstransformator van de versterker *V* (zie fig. 2) wordt, tengevolge van de mechanische krachten van het magnetisch veld, een gedeelte van het uitgangsvermogen rechtstreeks, dus buiten de verzwakker en de luidspreker om, in acoustische energie omgezet. Door den patient voldoende ver van de audiometer verwijderd te plaatsen zou men deze storingsbron natuurlijk dadelijk kunnen uitschakelen. In de practijk echter zullen de oorarts, die de audiometer bedient, en de patient gewoonlijk op een afstand van slechts enkele meters van elkaar zitten, en op een afstand van bijv. 3 m was het zingen van de transformator in een stil vertrek nog wel waarneembaar. Uiteraard kan het effect pas aanleiding geven tot fouten, wanneer het signaal van de luidspreker heel zwak is, dwz. wanneer men met zeer groote verzwakkingsfactoren werkt. Het zingen werd daarom op de volgende eenvoudige wijze onschadelijk gemaakt. De verzwakker, die maximaal een verzwakking van 155 db toelaat — dit is ruim voldoende, daar bij een verzwakking van ongeveer 105 db reeds de laagste voorkomende drempel wordt bereikt —, bestaat uit een variabel gedeelte met elf stappen à 5 db en twee vaste gedeelten met elk een verzwakking van 50 db. Deze laatste worden eerst ingeschakeld, wanneer men de elf stappen van het variabele gedeelte doorloopen heeft, dus bij verzwakkingen >50 db is gekomen. Van deze vaste verzwakkers, die uit een aantal dempingscellen zijn opgebouwd, wordt nu echter een gedeelte met een verzwakking van 25 db niet achter maar vóór de versterker *V* geschakeld, zie *fig. 4*. Met deze factor wordt dus nu ook de spanning op de ingang van de versterker en derhalve ook die op de uitgangstransformator verzwakt. Hierdoor is bereikt, dat het zingen ook bij de grootste verzwakkingsfactoren niet meer waarneembaar is.

Tevens is deze maatregel nuttig om de fouten door boventonen tegen te gaan. Deze fouten kunnen vooral optreden bij lage frequenties, niet alleen,

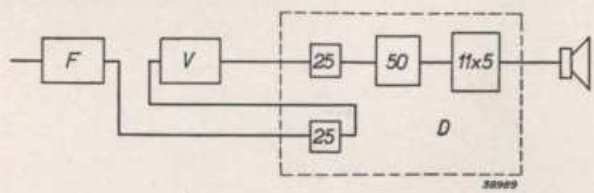


Fig. 4. De verzwakker *D* bestaat uit een in 11 stappen van 5 db regelbaar gedeelte en twee successievelijk bij te schakelen vaste gedeelten van elk 50 db. Het eerste van deze twee 50 db-elementen is in twee gedeelten à 25 db gesplitst, waarvan er één vóór de versterker *V* in plaats van er achter wordt geschakeld.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

omdat hier de distorsie van versterkers in het algemeen het grootst is, maar vooral door het karakteristieke verloop der normale oorgevoeligheidskromme in dit frequentiegebied. Wil men bijv. meten bij een frequentie van 50 per/sec, dan moet de tweede harmonische van het signaal (100 per/sec) blijkens fig. 3 minstens 18 db zwakker zijn dan de grondtoon, opdat het normale oor de tweede harmonische niet eerder hoort dan de grondtoon. Bij afwijkende oorgevoeligheidskrommen kunnen nog steilere hellingen (dwz. nog grootere drempelverschillen binnen een octaaf) optreden, zoodat dan nog hoogere eischen aan de vervormingsvrijheid gesteld worden. Bij de toongenerator GM 2307 bedraagt de distorsie bij het maximale uitgangsvermogen gemiddeld $^1/_2\%$ (bij lage frequenties hoogstens 1%), zoodat drempelverschillen van 40 db in een octaaf altijd nog goed gemeten kunnen worden. Bij niet te sterk verminderde oorgevoeligheden wordt het prestatievermogen van de audiometer echter nog aanzienlijk hooger, daar dan op de beschreven wijze een verzwakkend element van 25 db vóór de versterker wordt geschakeld, zoodat de versterker een veel zwakker signaal te verwerken krijgt en dientengevolge veel minder niet-lineaire vervorming optreedt.

Het schakelen van een gedeelte van de verzwakker vóór de versterker is wel van nadeel voor het niveau van het ruischen. Dit wordt nl. voor een belangrijk gedeelte opgewekt door de eerste versterkertrap en zal procentueel des te minder van belang zijn hoe sterker het ingangssignaal van de versterker is. Daarom is er ook van afgezien om de geheele verzwakker vóór de versterker te schakelen, wat opzichzelf eenvoudiger en voor het beoogde tegengaan van het zingen en de distorsie nog beter zou zijn. Het ruischen blijft op deze wijze beperkt tot een zoo laag niveau, dat het eerst bij een geluidsintensiteit van 70 db boven de drempel bij 1000 per/sec hoorbaar kan worden.

Tenslotte nog het inschakelen. Bij het op normale wijze inschakelen van de luidspreker treedt altijd een klikgeluid op, dat aanzienlijk sterker kan zijn dan de toon, waarnaar de patient moet luisteren. Dit moet vermeden worden. Hiervoor is de in *fig. 5* geschetste eenvoudige schakeling van de oscillator G_1 (fig. 2) toegepast. Zoolang er geen toon gewenscht is, is de schakelaar S gesloten en de condensator C is tot een spanning van 20 V geladen. Op het stuurrooster van de oscillatorbuis staat derhalve een negatieve gelijkspanning van 20 V, de buis is „afgeknepen" en kan niet oscilleeren. Voor het inschakelen van de toon wordt nu de schakelaar S geopend. De condensator ontlaadt zich langzaam via de groote weerstand R, de roostervóórspanning van de buis wordt geleidelijk minder negatief en de buis gaat met langzaam tot de eindwaarde aangroeiende amplitude oscilleeren. Bij het inschakelen van de toon ontstaat dus geen klik en het geluid neemt geleidelijk, bijv. binnen 1 sec, de van te voren ingestelde sterkte aan.

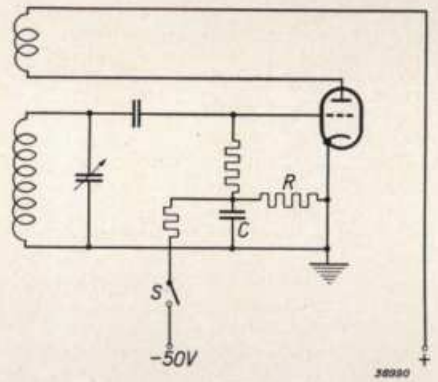


Fig. 5. Schakeling van de oscillator G_1, met R-C-kring voor het geleidelijk doen aanloopen van de oscillaties (vermijden van klikgeluiden in de luidspreker). Bij gesloten schakelaar S is de condensator C tot een spanning van 20 V geladen.

De volledige opstelling

In *fig. 6* geven wij een foto weer van de audiometer met eenige hulpinrichtingen, die bij het onderzoek worden gebruikt. Op de audiometer zelf ziet men in de eerste plaats de schalen van de beide draaicondensatoren, waarmee de gewenschte toonhoogte wordt ingesteld. De frequentie van de verkregen toon wordt eenvoudig gegeven door de som der op beide schalen afgelezen frequenties. Verder ziet men bovenaan de knoppen van de verzwakker, een meetinstrument om de zekerheid te verschaffen, dat de signaalspanning zonder verzwakking de normale beginwaarde heeft, en onderaan verschillende schakelaars en lampjes. Deze dienen voor de signaleering.

Om het onderzoek vlot te doen verloopen is nl. in de noodige communicatie tusschen arts en patient voorzien door lichtsignalen. Zoowel arts als patient hebben drie lampjes voor zich, geel, groen en rood (voor de patient bevinden zich deze op het in fig. 6 onder de luidspreker staande kastje). Schakelt de arts de toon in, dan gaat bij arts en patient het gele lampje aan. De patient moet nu op één van twee knoppen drukken, naar gelang hij al of niet iets hoort. Drukt hij de knop „ja", dan lichten de groene lampjes op, bij de knop „neen" de roode lampjes. Op deze wijze is zeer snel en gemakkelijk de gehoordrempel te bepalen. Door een schakelaar kan de arts de toon ook permanent inschakelen en dan door varieeren van de frequentie snel de gehoorgrenzen, wat betreft de toonhoogte, bepalen. Tenslotte be-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

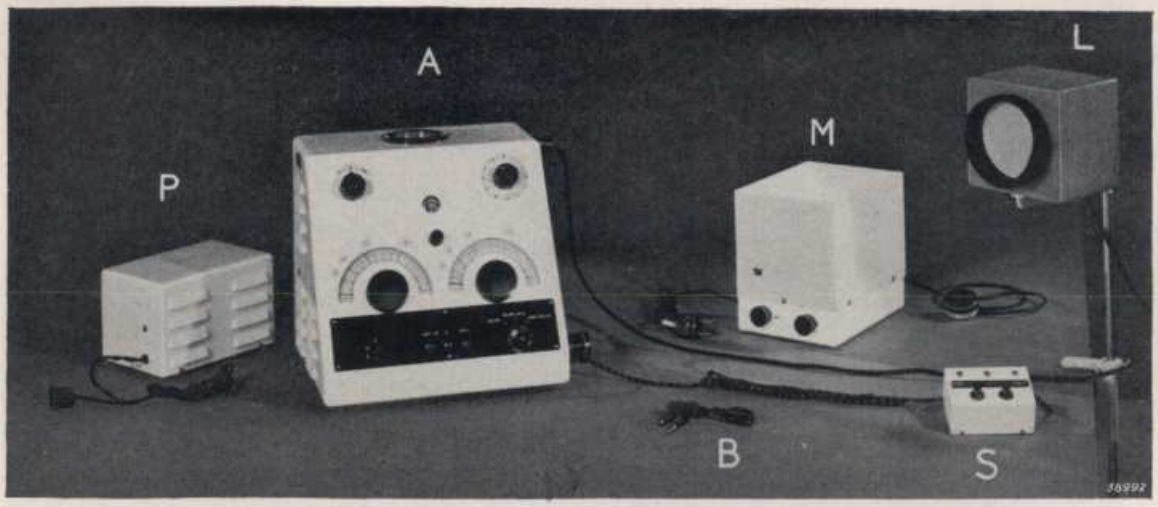


Fig. 6. Volledige opstelling voor het ooronderzoek. *A* audiometer, met frequentieschalen, verzwakkerknoppen enz., *P* bijbehoorend voedingsapparaat, *L* luidspreker, *S* kastje, dat de patient voor de signaleering gebruikt. De luidspreker kan desgewenscht worden vervangen door de beengeleidingstelefoon *B*. *M* hulpapparaatje voor het zg. maskeeren.

schikt de arts ook nog over een „simulantenschakelaar". Met deze wordt de toongenerator buiten werking gesteld, terwijl de signaleering blijft functionneeren. De patient zal dan bij het oplichten van het gele lampje altijd met de knop „neen" moeten antwoorden — drukt hij „ja", dan wil hij blijkbaar zijn gehoor beter doen voorkomen dan het is. Ook te groote vermoeidheid van den patient, die hem niet meer met zekerheid doet onderscheiden, of hij iets hoort of niet, kan de arts op deze wijze constateeren.

Als luidspreker is een zeer klein type gekozen. Dit is gewenscht, daar de beide ooren van den patient afzonderlijk moeten worden onderzocht en het bij een groote luidspreker moeilijk is om de beïnvloeding van het tweede oor voldoende te beperken. Bij de gebruikte kleine luidspreker is hiervoor gezorgd door een cylinder van vilt, waar de patient zijn hoofd tegenaan drukt. Nog beter zou de afscherming van het vrije oor zijn bij gebruik van een hoofdtelefoon. Hiervan is echter afgezien, ten eerste, omdat hierbij resonanties in de betrekkelijk kleine luchtkolom tusschen membraan en trommelvlies kunnen optreden, die een verhoogde gevoeligheid voor sommige frequentiegebieden zouden voorspiegelen; ten tweede, omdat het op de oorschelp gedrukte huis van de telefoon ook in zekere mate meetrilt en daardoor via de beengeleiding een geluidsindruk kan opwekken.

Hiermee komen we tot een ander gewichtig punt in het ooronderzoek: de localisatie van de afwijking. Een achteruitgang van de oorgevoeligheid kan veroorzaakt zijn door storingen in het binnenoor (labyrinth) of door storingen in het uitwendig en middenoor, dat het geluid naar het binnenoor geleidt (gehoorgang, trommelvlies, gehoorbeentjes). In het eerste geval, dat bijv. als gevolg van een of andere ziekte, zooals roodvonk, kan optreden, spreekt men van perceptiedoofheid, in het tweede geval van geleidingsdoofheid. Het middel om de beide gevallen te onderscheiden, is de zoojuist genoemde beengeleiding: is het middenoor defect, dan zal de patient via de beengeleiding nog een behoorlijke geluidsindruk kunnen krijgen; ligt de fout in het binnenoor, dan zal de beengeleiding evenmin baten als de luchtgeleiding via het trommelvlies. Voor dit onderzoek is bij de audiometer nog een beengeleidingstelefoon gevoegd (zie fig. 6), d.i. in wezen een normale telefoon, die echter zoo geconstrueerd is, dat het in beweging gebrachte membraan slechts kleine uitwijkingen maakt, maar daarbij groote drukken kan uitoefenen. Het membraan (in werkelijkheid vormt het geheele huis van de beentelefoon het membraan) wordt achter het oor op de schedel gedrukt. Natuurlijk heeft de oorgevoeligheidskromme van een normaal persoon voor beengeleiding een andere vorm dan de kromme fig. 3. Hierop zullen we echter niet verder ingaan.

De reeds vermelde noodzakelijkheid om bij het onderzoek van het ééne oor geen geluid aan het andere oor toe te voeren, plaatst den onderzoeker voor een nieuw probleem, wanneer hij te maken krijgt met een geval van zg. unilaterale doofheid, waarbij één oor nog normaal of vrijwel normaal functionneert. Heeft het zieke oor in zoo'n geval een aanzienlijk gehoorverlies, zoodat groote geluidsintensiteiten noodig zijn om de gehoordrempel te bereiken, dan is het vaak onvermijdelijk, dat het normale oor via de luchtgeleiding om het hoofd of via de beengeleiding door het hoofd heen reeds een

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

geluid waarneemt, terwijl het zieke oor nog niets hoort. Om dit storende effect uit te schakelen, of hieraan althans zijn invloed op de meetresultaten te ontnemen, gaat men over tot het zg. maskeeren van het gezonde oor. Hierbij wordt aan het gezonde oor een „lawaai" van zoodanige intensiteit toegevoerd, dat dit oor ten opzichte van de waar te nemen toon een soort kunstmatige doofheid verwerft, terwijl het perceptievermogen van het zieke oor er vrijwel niet door wordt beïnvloed. Als maskeerend lawaai kan men een toon gebruiken, die zeer rijk is aan boventonen en dus zeer scherp klinkt. De grondtoon moet liefst in hetzelfde frequentiegebied liggen als de aan het zieke oor toegevoerde zuivere toon. Voor het verkrijgen van de maskeering is een klein hulpapparaat geconstrueerd, dat men in fig. 6 rechts van de audiometer ziet staan. Het is in wezen weer een kleine toongenerator, die een sterk vervormd signaal levert, dat door middel van een schakelaar op vijf verschillende grondfrequenties, passend verdeeld over het geheele acoustische frequentiegebied, kan worden ingesteld.

In plaats van het onderzoek met zuivere tonen kan het soms ook gewenscht zijn om rechtstreeksche verstaanbaarheidsproeven te nemen, dwz. om na te gaan op welk intensiteitsniveau normale spraak door de patient wordt verstaan. Hiertoe is de audiometer van een aansluiting voor een gramofoonopnemer voorzien, waarmee op gramofoonplaten vastgelegde spraak op de versterkeringang kan worden gebracht.

Tot slot nog een enkel woord over de uitwerking der verkregen meetresultaten. Deze kunnen handig worden vastgelegd in een „audiogram", zooals in *fig.* 7 is afgebeeld. Het gehoorverlies in decibel, d.i. dus de verhooging van de drempelwaarde ten opzichte van die van een normaal persoon, is hier uitgezet als functie van de frequentie, waarbij als meetpunten, volgens de gewoonte der oorartsen, de opeenvolgende octaven van de C (64 per/sec) worden genomen. Het weergegeven voorbeeld is een typisch geval van unilaterale doofheid. Het linker oor is vrijwel normaal (gestippelde kromme); voor het rechter oor werd zonder maskeering de getrokken kromme gevonden, waarin echter de top in de buurt van 1000 per/sec, die beantwoordt aan een topje in de gestippelde kromme, dadelijk doet vermoeden, dat bij deze drempelkromme het gezonde oor meewerkte. Inderdaad werd met maskeering de nog veel lager gelegen streep-punt-kromme gevonden, die op een practisch volslagen doofheid van het rechter oor wijst.

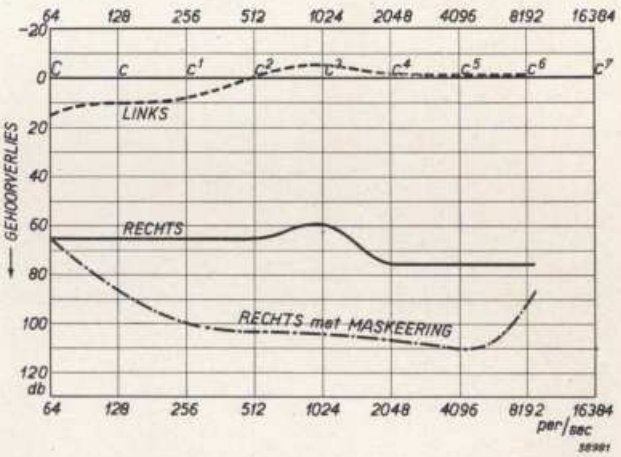


Fig. 7. Voorbeeld van een audiogram. Uitgezet is rechtstreeks het gehoorverlies in db als functie van de frequentie. Het betrof hier een typisch geval van unilaterale doofheid.

Het audiogram vormt nu een der grondslagen voor de te stellen diagnose en dient tevens als documentatie bij een latere contrôle, of en in welke richting zich de afwijking heeft ontwikkeld. Tenslotte levert het audiogram ook voor den apparatenbouwer de noodige gegevens, wanneer de oorarts het gebruik van een geluidsversterker met speciaal aangepaste frequentiekarakteristiek wil voorschrijven [4]).

[4]) Zie bijv. K. de Boer en R. Vermeulen, Een installatie voor een slechthoorende, Philips techn. T. **4**, 329, 1939.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

LECHERSYSTEMEN

door C. G. A. von LINDERN en G. de VRIES. 538.566.5

Het gedrag van Lechersystemen ten opzichte van loopende en staande golven wordt besproken. Verder wordt behandeld, hoe men Lechersystemen kan toepassen als voedingsleidingen in zenders, als hooge impedanties in electrische schakelingen, als stabiele resonatoren voor hooge frequenties, enz.

Twee electrische geleiders die evenwijdig aan elkaar zijn gespannen of eventueel ook concentrisch verloopen, vormen tezamen een zg. Lechersysteem. Reeds in de laatste 10 jaren van de vorige eeuw werden vele proeven genomen met dergelijke systemen en J. J. Thomson heeft o.a. gewezen op hun groote beteekenis bij het opwekken en voortplanten van electromagnetische golven; zij zijn later op groote schaal toegepast in de radiotechniek. Zooals wij reeds hebben aangestipt in een artikel in de vorige aflevering van dit tijdschrift [1]), kan men het gedrag van dergelijke Lechersystemen tot op zekere hoogte nog wel beschrijven met quasi-stationnaire begrippen, hoewel zij toch in de grond van de zaak geen quasi-stationnaire systemen zijn. Allereerst willen wij hierop wat nader ingaan.

Zetten wij op de ingang van een Lechersysteem (links in *fig. 1*) een spanning V_1 van een zoo hooge frequentie, dat de golflengte nog groot is

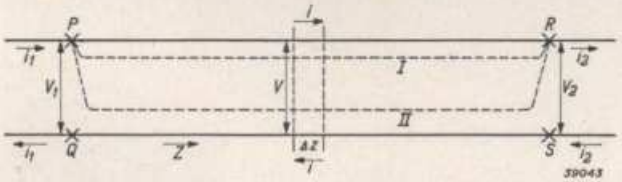


Fig. 1. Lechersysteem met ingang PQ en uitgang RS, waarop resp. de spanningen V_1 en V_2 staan en waarin de stroomen i_1 resp. i_2 loopen.

tenopzichte van de afstand der draden maar niet meer groot is tenopzichte van de lengte van het Lechersysteem, dan zullen weliswaar de stroomen in iedere loodrechte doorsnede der beide geleiders tegengesteld gelijk zijn, maar in de lengterichting der geleiders verandert die stroomsterkte i van punt tot punt, evenals trouwens de spanning V tusschen de beide geleiders. De langs de geleiders optredende verandering der stroomsterkte is een gevolg van verschuivingsstroomen, die vloeien door de capaciteit, welke tusschen de beide geleiders bestaat. Daar de geleiders overal even dik zijn en bovendien zich overal op eenzelfde onderlinge afstand bevinden, kan men aan een Lechersysteem een capaciteit C^I per eenheid van lengte toekennen.

[1]) Resonantiekringen voor zeer hooge frequenties, Philips techn. T. **6**, 217, 1941.

Naast deze capaciteit C^I per cm heeft een Lechersysteem ook een zelfinductie L^I per cm; dit is per definitie de omvatte magnetische krachtstroom per cm lengte van het Lechersysteem bij een stroom van 1 ampere. Het blijkt dan mogelijk met behulp van deze gelijkmatig langs de geleiders verdeelde zelfinductie L^I en capaciteit C^I het gedrag van een Lechersysteem op bevredigende wijze te beschrijven en er feitelijk het vervangingsschema van *fig. 2* op toe te passen. Al is

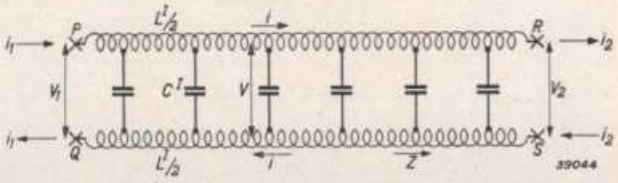


Fig. 2. Vervangingsschema voor het Lechersysteem van fig. 1, dat een zelfinductie L^I per cm heeft en een capaciteit C^I per cm.

de lengte der Lecherdraden niet klein ten opzichte van de golflengte, zoo kan men het Lechersysteem in zijn dwarsafmetingen toch wel als quasi-stationnair behandelen en een dergelijk geval willen wij betitelen met semi-quasistationnair. In onze semi-quasistationnaire theorie mogen dan weliswaar de spanningsverschillen tusschen de punten P en R of Q en S uit fig. 1 niet voorkomen, daar deze niet gedefinieerd zijn [2]), maar dit is geen bezwaar, daar slechts de spanningsverschillen tusschen P en Q of R en S in de theorie een rol spelen.

Loopende golven

Het is een bekend verschijnsel, dat zich langs een Lechersysteem loopende golven kunnen voortplanten met een zeer bepaalde snelheid, en wij willen nu allereerst dit verschijnsel op een eenvoudige wijze behandelen [3]). Daartoe beschouwen wij een gelijkmatig over een lengte l van de Lecherdraden verdeelde lading e (op één draad positief, op de andere draad negatief), die een spanning V tusschen beide

[2]) Immers, het maakt voor de benoodigde energie een belangrijk verschil, of men in fig. 1 een eenheidslading langs de kromme I dan wel langs II van P naar R voert.

[3]) Vgl.: H. G. Möller, Grundlagen und mathematische Hilfsmittel der Hochfrequenztechnik (Springer, Berlijn 1940), pag. 172. Zie ook O. Heaviside, Electromagnetic theory, Vol. III, pag. 3 (1893, heruitgegeven 1922, Benn Brothers, Londen).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

draden (*fig. 3*) veroorzaakt. Dan geldt:

$$e = C^I l V. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

Loopen deze twee ladingen, welke aanvankelijk tusschen $x = 0$ en $x = l$ verdeeld zijn, met een eenparige snelheid v naar links, dan is de stroomsterkte:

$$i = C^I V v \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

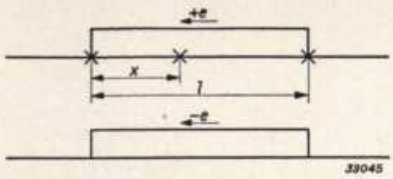


Fig. 3. Een lading $+e$ is gelijkmatig verdeeld over een lengte l van één der Lecherdraden; op de andere draad zit op overeenkomstige wijze de lading $-e$.

De magnetische krachtstroom Φ tusschen 0 en l bedraagt aanvankelijk $\Phi = lL^I i$ en neemt af met de tijd, naarmate de lading door haar beweging naar links uit het gebied tusschen $x = 0$ en $x = l$ wegtrekt. Het verloop van Φ met de tijd is gegeven door:

$$\Phi = (l - vt)\, L^I i = (l - vt)\, L^I C^I V v \quad . \quad . \quad (3)$$

De spanning tusschen de beide geleiders ter plaatse x is volgens de inductiewet gelijk aan de vermindering van Φ per tijdseenheid:

$$V = -\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t} = L^I C^I V v^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

Uit (4) volgt voor het kwadraat van de snelheid:

$$v^2 = \frac{1}{L^I C^I} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5)$$

Ook een willekeurige ladingsverdeeling zal zich met deze snelheid voortbewegen, want deze is altijd samen te stellen uit verschillende ladingsverdeelingen volgens fig. 3. Dit eenvoudige resultaat volgt ook onmiddellijk uit de electromagnetische trillingsvergelijkingen, die wij nu zullen gaan opstellen voor een kort stukje Δz van een Lechersysteem, dat wij kunnen opvatten als een stroomkring met zelfinductie $L^I \Delta z$ en capaciteit $C^I \Delta z$, terwijl wij de Ohmsche weerstand verwaarloozen. De vermeerdering Δi van de stroomsterkte over een lengte Δz van het Lechersysteem wordt dan gegeven door:

$$\Delta i = -\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\,(V \cdot C^I)\,\Delta z,$$

zoodat wij de volgende partieele differentiaalvergelijking krijgen:

$$\frac{\partial i}{\partial z} = -C^I \frac{\partial V}{\partial t} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6)$$

Volgens (3) en (4) is evenzoo het opgewekte spanningsverschil ΔV over een lengte Δz der geleiders gelijk aan:

$$\Delta V = -\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\,(i \cdot L^I)\Delta z,$$

hetgeen ons de partieele differentiaalvergelijking levert:

$$\frac{\partial V}{\partial z} = -L^I \frac{\partial i}{\partial t} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

Door deze beide electromagnetische vergelijkingen (6) en (7) partieel te differentieeren naar z en t, vinden wij voor V en i eenzelfde vergelijking:

$$\left.\begin{aligned} \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} &= +L^I C^I \frac{\partial^2 V}{\partial t^2} \\ \frac{\partial^2 i}{\partial z^2} &= +L^I C^I \frac{\partial^2 i}{\partial t^2} \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8)$$

Deze formules zijn analoog aan de bekende vergelijkingen voor mechanische golven, die zich voortplanten langs een gespannen snaar, waarbij wij dan in plaats van met V of i te maken hebben met de uitwijking van een punt van de snaar, terwijl in plaats van L^I en C^I de massa per eenheid van lengte en de terugdrijvende kracht komen te staan. Aan (8) voldoet iedere tweemaal differentieerbare functie van $t \pm z\sqrt{L^I C^I}$, de zg. oplossing van d'Alembert. Dit beteekent, dat elke evenwichtsverstoring, die men op een bepaald oogenblik aan het systeem geeft, een oplossing van de vergelijkingen levert, indien ze zich onveranderd voortplant in de negatieve of positieve z-richting met een snelheid $v = 1/\sqrt{L^I C^I}$, zooals wij met onze rechthoekige ladingsverdeeling aan het begin van dit hoofdstuk hebben gedaan.

Nemen we nu eens voor de spanning een zich naar rechts met de snelheid $1/\sqrt{L^I C^I}$ voortplantende golf:

$$V = f(t - z\sqrt{L^I C^I}), \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9)$$

dan berekent men met behulp van (6) en (7) voor de stroom:

$$i = +\sqrt{\frac{L^I}{C^I}}\, f(t - z\sqrt{L^I C^I}) \quad . \quad . \quad . \quad (10)$$

Dit is dus precies dezelfde golfvorm als voor V, terwijl ook de fasen van i en V in elk willekeurig punt langs het Lechersysteem volkomen overeenstemmen. Het quotient der momentane waarden

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

van spanning en stroom is constant, en wel geldt in ieder punt langs het Lechersysteem:

$$\frac{V}{i} = \sqrt{\frac{L^I}{C^I}} = \zeta. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11)$$

ζ noemen wij de golfweerstand van het Lechersysteem.

Dit gedrag van het Lechersysteem is geheel analoog met hetgeen optreedt bij een antenne, die electromagnetische golven uitzendt. De energie, die daarbij wordt uitgestraald, manifesteert zich als een schijnbare weerstand der antenne, de zg. stralingsweerstand. De golfweerstand ζ van een Lechersysteem kan men zeer goed opvatten als een één-dimensionale stralingsweerstand.

Hebben wij een Lechersysteem van eindige lengte en verbinden wij aan het rechtereinde de beide draden door een zuivere weerstand ζ, dan gedraagt zich het Lechersysteem juist zóó, alsof het zich oneindig ver naar rechts uitstrekte. Immers de verhouding tusschen V en i is ter plaatse van de afsluitweerstand precies dezelfde als in een naar rechts loopende golf op een oneindig lang Lechersysteem. Heeft de afsluitweerstand echter een waarde, die van ζ verschilt, dan treedt een andere verhouding tusschen V en i op. Deze afwijkende verhouding wordt door een naar rechts loopende golf niet gerealiseerd maar slechts door een superpositie van een naar rechts loopende golf en een naar links loopende golf, hetgeen beteekent, dat reflectie optreedt.

Voortplantingssnelheid en golfweerstand

Voor eenige gevallen, die in de practijk van belang zijn, willen wij de zelfinductie L^I en de capaciteit C^I per eenheid van lengte nader aangeven, teneinde hieruit voortplantingssnelheid en golfweerstand dezer Lechersystemen te berekenen. Allereerst beschouwen wij twee metalen banden met een breedte b en op een onderlinge afstand d evenwijdig met elkaar loopend (*fig. 4*). Maakt men d klein ten opzichte van b, dan wordt de capaciteit per eenheid van lengte in de z-richting:

$$C^I = \frac{\varepsilon b}{4\pi d} \text{ cm/cm} = \frac{\varepsilon b}{4\pi d} \cdot \frac{1}{9 \cdot 10^{11}} \text{ farad/cm}, \quad . \quad (12)$$

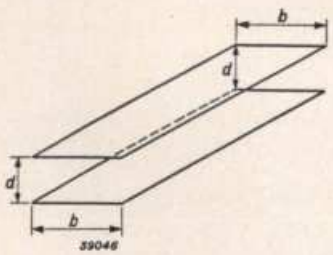


Fig. 4. Lechersysteem van breede band. De onderlinge afstand der banden is d en hun breedte b.

waarbij ε de diëlectrische constante voorstelt.

Ook de zelfinductie L^I per eenheid van lengte is voor dit eenvoudige geval met de gebruikelijke verwaarloozingen gemakkelijk te vinden. Onderstellen wij het magnetische veld H tusschen de beide banden homogeen en daarbuiten gelijk aan nul, dan wordt:

$$Hb = 0{,}4\pi i \text{ gauss cm.} \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$

Is μ de permeabiliteit, dan is het aantal magnetische inductielijnen, dat per strekkende cm in de z-richting tusschen de beide breede banden loopt, $Bd = \mu Hd \cdot 10^{-8}$ en dit is per definitie de stroomsterkte i maal de zelfinductie L^I per eenheid van lengte:

$$iL^I = \mu Hd \cdot 10^{-8} \text{ ampere henry.} \quad . \quad . \quad (14)$$

Uit (13) en (14) volgt dus, dat de zelfinductie in henry/cm wordt:

$$L^I = \frac{4\pi\mu d}{b} 10^{-9} \text{ henry/cm} \quad . \quad . \quad . \quad (15)$$

De voortplantingssnelheid v voor electromagnetische evenwichtsverstoringen in een Lechersysteem is volgens (12) en (15):

$$v = 1/\sqrt{L^I C^I} = \sqrt{\frac{9 \cdot 10^{20}}{\varepsilon\mu}} = \frac{3 \cdot 10^{10}}{\sqrt{\varepsilon\mu}} \text{ cm/sec.}$$

Voor een medium met een diëlectrische constante $\varepsilon = 1$ en een permeabiliteit $\mu = 1$ wordt dit de lichtsnelheid van $3 \cdot 10^{10}$ cm/sec, hetgeen algemeen geldt voor evenwijdige geleiders van willekeurige doorsnede.

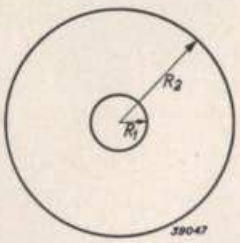


Fig. 5. Lechersysteem, bestaande uit twee concentrische cylinders met stralen R_1 en R_2.

Volgens formule (11), (12) en (15) wordt de golfweerstand:

$$\zeta = \sqrt{\frac{4\pi\mu d}{b} \cdot \frac{4\pi d}{\varepsilon b} \cdot 9 \cdot 10^2} = 120\pi \frac{d}{b} \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} \text{ ohm.}$$

Berekent men op analoge wijze capaciteit en zelfinductie per eenheid van lengte voor twee concentrische geleiders met stralen R_1 en R_2 (*fig. 5*), dan vindt men:

$$C^I = \frac{\varepsilon}{2 \ln R_2/R_1} \cdot \frac{1}{9 \cdot 10^{11}} \text{ farad/cm,}$$

$$L^I = 2\mu \ln R_2/R_1 \cdot 10^{-9} \text{ henry/cm.}$$

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

De voortplantingssnelheid $v = 1/\sqrt{L^I C^I}$ wordt hier nu ook weer $3 \cdot 10^{10}/\sqrt{\varepsilon\mu}$ cm/sec, terwijl men voor de golfweerstand krijgt:

$$\zeta = \sqrt{2\mu \ln R_2/R_1 \cdot 2/\varepsilon \ln R_2/R_1 \cdot 9 \cdot 10^2} = 60 \ln \frac{R_2}{R_1} \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} \text{ ohm.}$$

Hebben wij te maken met twee evenwijdige, ronde stroomdraden met een straal R_0, die klein is ten opzichte van hun onderlinge afstand d (*fig. 6*), dan worden de capaciteit en de zelfinductie per eenheid van lengte:

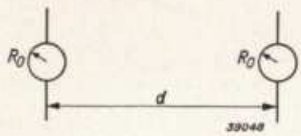


Fig. 6. Lechersysteem van ronde draden met een straal R_0 op een onderlinge afstand d.

$$C^I = \frac{\varepsilon}{4 \ln \frac{d}{R_0}} \cdot \frac{1}{9 \cdot 10^{11}} \text{ farad/cm,}$$

$$L^I = 4\mu \ln \frac{d}{R_0} \cdot 10^{-9} \text{ henry/cm.}$$

De voortplantingssnelheid is natuurlijk weer de lichtsnelheid gedeeld door $\sqrt{\varepsilon\mu}$ en voor de golfweerstand vindt men nu:

$$\zeta = \sqrt{4\mu \ln \frac{d}{R_0} \cdot \frac{4}{\varepsilon} \ln \frac{d}{R_0} \cdot 9 \cdot 10^2} = 120 \ln \frac{d}{R_0} \sqrt{\frac{\mu}{\varepsilon}} \text{ ohm.}$$

In al deze gevallen is impliciet ondersteld, dat er in de zelfinducties en capaciteiten geen energieverliezen optreden, zoodat de golven zich onverzwakt langs het Lechersysteem voortplanten [4]).

Neemt men de warmteverliezen, die in een Lechersysteem optreden, wel in aanmerking, dan worden de amplituden bij de voortplanting langs het Lechersysteem kleiner. Een andere oorzaak hiervoor is ook nog gelegen in het feit, dat er tengevolge van de eindige onderlinge afstand tusschen de beide Lecherdraden toch altijd nog eenige straling zal optreden, aangezien zij tot op zekere hoogte als een raamantenne zullen werken. Op zulke verschijnselen willen wij nader terugkomen; voorloopig zullen wij voortgaan het gedrag der Lechersystemen te beschrijven, voorzoover de weerstand en de stralingsverliezen hierbij slechts een te verwaarloozen rol spelen.

Staande golven

Sluit men een Lechersysteem niet af met zijn eigen golfweerstand ζ, maar met een willekeurige impedantie, dan wordt een aankomende golf, zooals reeds gezegd, geheel of gedeeltelijk gereflecteerd, waardoor staande golven optreden (zie *fig. 7*).

[4]) Ook bij het voortplanten van licht en radiogolven in de leege ruimte treden geen energieverliezen op, maar desondanks nemen de amplituden door verspreiding van de energie over steeds grootere oppervlakken omgekeerd evenredig met de afstand tot de stralingsbron af. Hiermee correspondeert het feit, dat bij de voortplanting door de ruimte in plaats van een uitdrukking van de vorm $f(t-z/v)$ een uitdrukking van de vorm $\frac{f(t-R/v)}{R}$ optreedt. De evenwijdige geleiders houden dus bij de voortplanting langs een Lechersysteem de stralingsenergie beter bij elkaar.

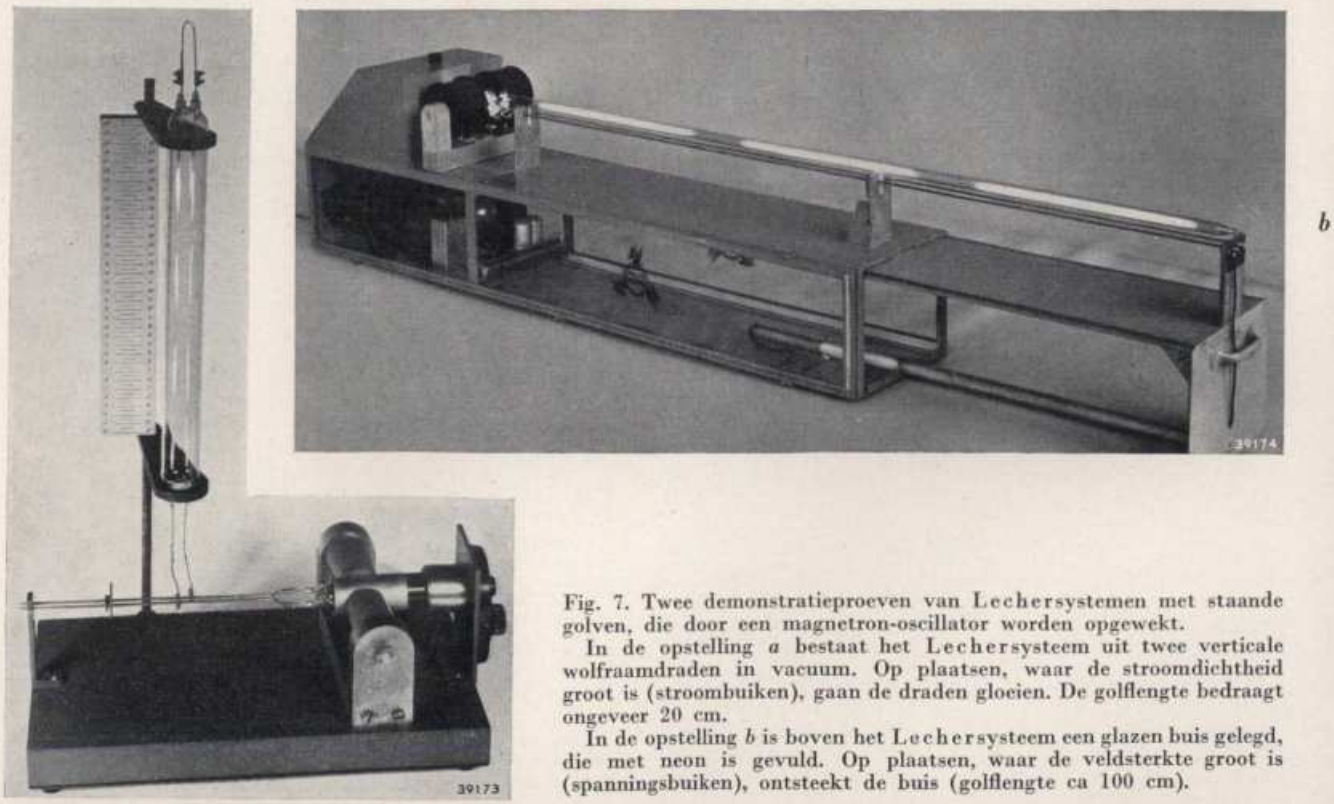


Fig. 7. Twee demonstratieproeven van Lechersystemen met staande golven, die door een magnetron-oscillator worden opgewekt.
In de opstelling *a* bestaat het Lechersysteem uit twee verticale wolfraamdraden in vacuum. Op plaatsen, waar de stroomdichtheid groot is (stroombuiken), gaan de draden gloeien. De golflengte bedraagt ongeveer 20 cm.
In de opstelling *b* is boven het Lechersysteem een glazen buis gelegd, die met neon is gevuld. Op plaatsen, waar de veldsterkte groot is (spanningsbuiken), ontsteekt de buis (golflengte ca 100 cm).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

Alvorens dit proces wiskundig te formuleeren, willen we voor de eenvoudige gevallen van een kortgesloten, resp. open uiteinde een kwalitatieve discussie van dit verschijnsel geven.

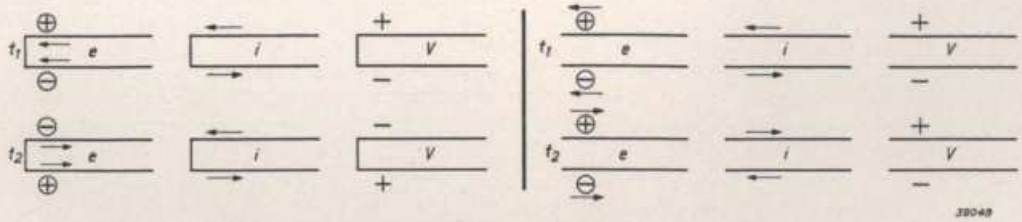


Fig. 8. Schematische voorstelling van de beweging van ladingen e, stroomen i en spanningen V in de buurt van een kortgesloten resp. open uiteinde van een Lechersysteem.

In de linkerhelft van *fig. 8* hebben wij een positieve en negatieve lading, die zich op resp. boven- en onderdraad van het Lechersysteem bewegen naar het kortgesloten uiteinde. Dit laatste heeft een weerstand nul, zoodat de ladingen e daar ongehinderd doorgaan en zich met dezelfde snelheid weer terug zullen bewegen over resp. onder- en bovendraad van het Lechersysteem, zooals eronder is geteekend. De bij deze zich bewegende ladingen e behoorende stroomsterkte i en spanning V zijn daarnaast aangegeven en wij zien, dat aan dit kortgesloten uiteinde de stroomsterkte onveranderd in dezelfde Lecherdraad wordt teruggekaatst, terwijl de spanning tusschen beide draden met het tegengestelde teeken wordt teruggekaatst. Dit komt overeen met het feit, dat aan het kortgesloten uiteinde wèl stroom kan loopen, maar dat hier in totaal géén spanning kan heerschen, aangezien de aankomende en teruggekaatste spanningsgolf elkaar daar steeds opheffen.

Bij een open uiteinde, waarop de rechterhelft van fig. 8 betrekking heeft, wordt een aankomende lading e op dezelfde Lecherdraad teruggekaatst, omdat zij nergens anders heen kan gaan. De teruggekaatste stroomsterkte i is hierbij dus van teeken omgekeerd, terwijl de spanning V met hetzelfde teeken is teruggekaatst. Aan een open uiteinde kan dus wèl spanning heerschen, maar er kan in totaal géén stroom loopen, aangezien de aankomende en teruggekaatste stroomgolf elkaar daar steeds opheffen.

Beschouwen wij nu een naar links oneindig lang Lechersysteem met een kortgesloten uiteinde bij $z = 0$ (*fig. 9*), waarop als speciaal geval een spanningsgolf $V_1 = \sin \omega\,(t - z/v)$ van links naar rechts loopt, dan wordt daar een tweede spanningsgolf $V_2 = -\sin \omega\,(t + z/v)$ naar links teruggekaatst, zoodat er in totaal een staande golf V heerscht:

$$V = V_1 + V_2 = -2 \cos \omega t \sin \omega z/v \quad . \quad . \quad (16)$$

In alle punten met $\omega z/2\pi v = z/\lambda = n/2$, waarbij n een geheel getal voorstelt, is de spanning steeds nul. Dit zijn dus spanningsknoopen, gelegen op onderlinge afstanden van een halve golflengte λ. Bij de loopende spanningsgolven V_1 en V_2 behooren volgens (9) en (10) de loopende stroomgolven:

$$\left.\begin{aligned} i_1 &= \frac{1}{\zeta} \sin \omega \left(t - \frac{z}{v}\right), \\ i_2 &= \frac{1}{\zeta} \sin \omega \left(t + \frac{z}{v}\right). \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (17)$$

Deze versterken elkaar steeds aan het kortgesloten uiteinde, waar een stroombuik zal ontstaan, hetgeen ook direct is te zien aan de formule voor de staande stroomgolf, die in totaal optreedt:

$$i = \frac{2}{\zeta} \sin \omega t \cos \omega z/v \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (18)$$

Bekijken we nu (16) en (18) wat nader, dan zien wij, dat bij het kortgesloten Lechersysteem de stroom i op punten vlak bij de kortsluiting, dus met voldoend kleine negatieve waarden van z, 90° achterloopt bij de spanning V, terwijl het quotient der amplitudo's van spanning en stroom in een willekeurig punt ζ tg $\omega z/v$ bedraagt. De kort-

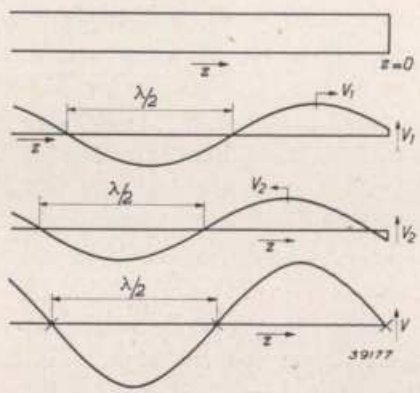


Fig. 9. Terugkaatsing der loopende spanningsgolf V_1 aan het kortgesloten uiteinde bij $z = 0$. De som van aankomende golf V_1 en teruggekaatste golf V_2 is de staande golf V, die knooppunten heeft op afstanden van een geheel aantal halve golflengten verwijderd van het kortgesloten uiteinde van het Lechersysteem.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

sluitimpedantie Z_k van een Lechersysteem met een lengte l is dus zuiver imaginair en wordt gegeven door:

$$Z_k = j\zeta \operatorname{tg} 2\pi l/\lambda \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (19)$$

Voor een lengte l, welke klein is ten opzichte van de golflengte λ, wordt derhalve de kortsluitimpedantie:

$$Z_k = j\zeta 2\pi \frac{l}{\lambda} = j\sqrt{\frac{L^I}{C^I}}\,\omega l\sqrt{L^I C^I} = j\omega L^I l, \quad . \quad . \quad (20)$$

zoodat een klein stukje kortgesloten Lechersysteem zich inderdaad gedraagt als een zelfinductie met een waarde L^I per cm lengte. Volgens formule (19) neemt echter de reactantie voor het kortgesloten Lechersysteem sneller dan evenredig met de lengte l toe, zoodat wij bijv. voor een lengte $\lambda/4$ een oneindig groote reactantie krijgen, hetgeen beteekent, dat aan de ingang van het kortgesloten Lechersysteem een stroomknoop optreedt. Een dergelijk systeem kan als trillingskring worden toegepast. Voor een Lechersysteem met een lengte tusschen $\lambda/4$ en $\lambda/2$ is de reactantie negatief, zoodat dit als capaciteit werkt.

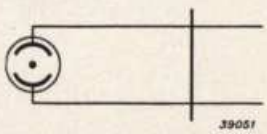


Fig. 10. Een kort stukje Lechersysteem, dat voorzien is van een verplaatsbare kortsluitbrug, fungeert als een regelbare zelfinductie, waarmee men de betrekkelijk groote capaciteiten tusschen de electroden van radiobuizen gemakkelijk op resonantie kan afstemmen.

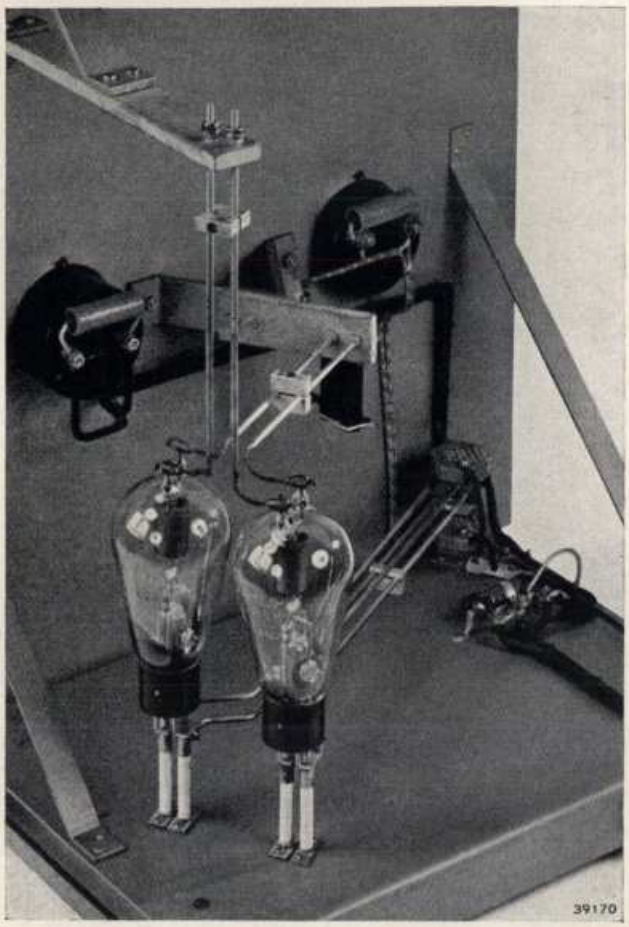


Fig. 11. Triode-oscillator, waarin de admittanties van de interelectrode-capaciteiten van anode en stuurrooster met behulp van parallel geschakelde Lechersystemen als zelfinducties worden gecompenseerd. Met het derde Lechersysteem, dat met de kathode is verbonden, wordt de terugkoppeling ingesteld.

In de practijk maakt men veelvuldig gebruik van korte stukjes kortgesloten Lechersysteem als zelfinductie, waarvan wij hier enkele voorbeelden willen noemen. Bij radiobuizen voor korte golven is vaak de capaciteit tusschen punten, waartusschen men een impedantie wil aanbrengen, vrij groot. Van de te gebruiken LC-kring maakt men dan niet de capaciteit variabel, omdat dit een extra-capaciteit zou beteekenen en derhalve een verkleining van de bereikbare impedantie. Men doet dan beter af te stemmen met een variabele zelfinductie, waartoe men zeer geschikt een kort stukje Lechersysteem met verplaatsbare kortsluitbrug kan gebruiken (*fig. 10*). In *fig. 11* ziet men de practische toepassing van dit middel in een oscillator, zooals die in een experimenteele korte-golfverbinding [5]) tusschen Eindhoven en Tilburg wordt gebruikt.

Een ander voorbeeld: als men radiobuizen op zeer hooge frequenties gebruikt, komt het veelvuldig voor, dat bij de doorvoeren door het glas reflecties der electromagnetische golven optreden. De capaciteit, die verantwoordelijk is voor zulke reflecties, kan men opheffen door er een Lechersysteem met geschikt ingestelde zelfinductie aan parallel te schakelen (*fig. 12*). Ook hiervan geven wij een practisch voorbeeld, uitgevoerd in een magnetron-oscillator (*fig. 13*).

Evenals wij in de voorafgaande beschouwingen hebben gezien, dat een klein stuk Lechersysteem

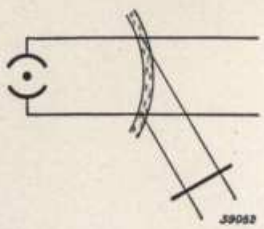


Fig. 12. Lechersysteem met verplaatsbare kortsluitbrug voor het afstemmen van de capaciteit, die een gevolg is van de doorvoeren door het glas.

[5]) Philips techn. T. 2, 173, 1937.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

met kortgesloten uiteinde zich gedraagt als een zelfinductie, is het ook gemakkelijk in te zien, dat een klein stuk Lechersysteem met open uiteinde zich gedraagt als een capaciteit. Wij krijgen hier

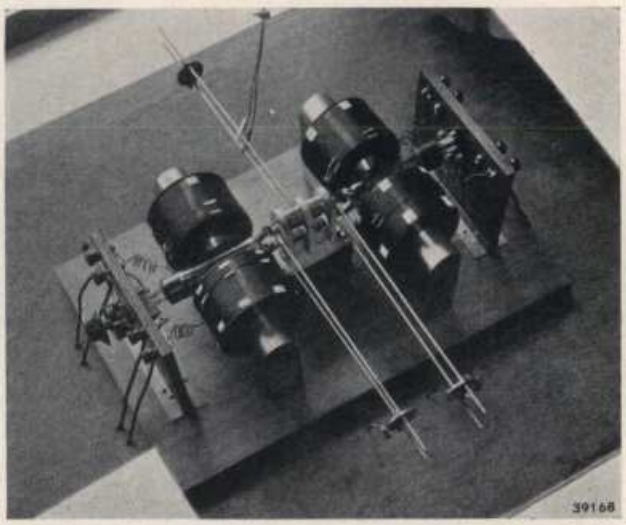


Fig. 13. Magnetron-oscillator met twee doorvoeren, afgestemd door Lechersystemen. Het derde Lechersysteem vormt de anode-impedantie van de beide buizen.

nu als een speciaal geval van de loopende stroomgolven, die voor $z = 0$ elkaar moeten opheffen, en de loopende spanningsgolven, die daar onderling gelijk zijn:

$$\left.\begin{aligned} i_1 &= +\frac{1}{\zeta}\sin\omega(t-z/v) \\ i_2 &= -\frac{1}{\zeta}\sin\omega(t+z/v) \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad (21)$$

en

$$\left.\begin{aligned} V_1 &= \sin\omega(t-z/v), \\ V_2 &= \sin\omega(t+z/v). \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (22)$$

Uit (21) en (22) volgt dan voor de staande golven:

$$\left.\begin{aligned} i &= -\frac{2}{\zeta}\cos\omega t\,\sin\omega z/v, \\ V &= 2\sin\omega t\,\cos\omega z/v. \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad (23)$$

Vergelijken wij (23) met (16) en (18), dan zien wij, dat de staande golven bij het open Lechersysteem juist een kwart golflengte zijn verschoven ten opzichte van die bij het kortgeslotene.

Verder volgt uit (23), dat bij het open Lechersysteem op plaatsen met kleine negatieve waarden van z de stroom juist 90° vóór loopt bij de spanning, zoodat de open impedantie Z_0 negatief imaginair is en gelijk wordt aan:

$$Z_0 = -j\zeta\ \mathrm{ctg}\,2\pi\frac{|z|}{\lambda}\ , \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (24)$$

waarin $|z|$ de absolute waarde van z beteekent, dus de lengte l van het Lechersysteem. Z_0 wordt nul op een oneven aantal kwart golflengten van het open uiteinde, hetgeen beteekent, dat daar de spanningsknoopen zich bevinden. Op een even aantal kwart golflengten van het open uiteinde is Z_0 daarentegen oneindig groot, hetgeen rekenschap geeft van de stroomknoopen. Voor een kort stukje open Lechersysteem kunnen wij de impedantie Z_0 nu beter als volgt schrijven:

$$Z_0 = -\frac{j\zeta}{\mathrm{tg}\,2\pi l/\lambda} \approx -j\sqrt{\frac{L^l}{C^l}}\,\frac{1}{\omega l\sqrt{L^l C^l}}, \quad . \quad (25)$$

zoodat wij onmiddellijk haar gedrag zien als capaciteit C^l per cm lengte:

$$Z_0 = \frac{1}{j\omega C^l l} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (26)$$

Vermenigvuldigen wij de kortsluitimpedantie Z_k en de open impedantie Z_0 met elkaar, formule (19) en (24), dan krijgen wij het volgende merkwaardige verband:

$$Z_k Z_0 = \zeta^2, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (27)$$

dat voor elke lengte van het Lechersysteem geldt. De golfweerstand is dus steeds het geometrische gemiddelde van kortsluit- en open impedantie en kan derhalve worden bepaald door deze beide te meten, zooals men in de practijk ook vaak doet.

Het verschil in gedrag tusschen een met zijn golfweerstand afgesloten Lechersysteem éénerzijds en een kortgesloten of open Lechersysteem anderzijds, hebben wij nu uitvoerig behandeld. In het eerste geval zijn stroom en spanning overal met elkaar in fase en de energie plant zich onveranderd voort langs het Lechersysteem, om tenslotte geheel in warmte te worden omgezet in de zuivere weerstand, die het systeem afsluit. In het andere geval zijn overal stroom en spanning 90° ten opzichte van elkaar in fase verschoven en de energie trilt dus voortdurend heen en weer tusschen het electrische en magnetische veld, die beurtelings moeten worden opgebouwd en afgebroken door de staande trillingen van spanning en stroom. De Lechersystemen met loopende golven zijn te gebruiken voor het transporteeren van electromagnetische energie, terwijl die met staande golven bij hoogere frequenties veelvuldig worden toegepast op zulke plaatsen, waar men zich bij lagere frequenties van een gewone LC-kring kan bedienen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

Lechersysteem als koppelleiding

Hebben wij een Lechersysteem in het punt *1* afgesloten met een willekeurige impedantie Z_1, dan voldoen de (loopende of staande) electromagnetische golven aan dat uiteinde aan de voorwaarde:

$$\frac{V_1}{i_1} = Z_1.$$

In een punt *2*, op een afstand van een halve golflengte van *1* verwijderd (*fig. 14*), zijn op ieder oogenblik alle componenten van stroom en spanning tegengesteld gelijk aan die in *1* en dit beteekent, dat de impedantie Z_2, die men in *2* kan meten aan een Lechersysteem, dat in *1* met Z_1 is afgesloten, eenvoudig hetzelfde is als deze afsluitimpedantie Z_1.

$$Z_2 = \frac{V_2}{i_2} = \frac{-V_1}{-i_1} = Z_1.$$

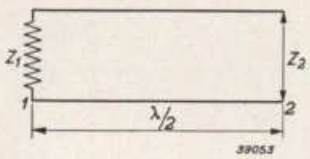


Fig. 14. Een Lechersysteem aan zijn uiteinde *1* afgesloten door een willekeurige impedantie Z_1 vertoont in het punt *2*, dat een halve golflengte verderop is gelegen, een impedantie $Z_2 = Z_1$.

Evenzoo is natuurlijk voor een Lechersysteem van een geheel aantal halve golflengten, dat met een willekeurige impedantie Z is afgesloten, de impedantie aan zijn ingang steeds gelijk aan deze Z. Hieruit zien wij dus, dat een Lechersysteem van een geheel aantal halve golflengten geschikt is om daarmee de twee klemmen van een impedantie, die anders onbereikbaar zouden zijn, op te nemen in een bepaalde schakeling, zonder dat hierbij de waarde der impedantie in deze schakeling veranderd schijnt te zijn.

Bij gebruik van radiobuizen op korte golven komt het vaak voor, dat men om resonantie in de anodekring te verkrijgen de brug B eigenlijk nog binnen de buis zou moeten aanbrengen. In plaats daarvan kan men dan zonder bezwaar de brug B' een halve golflengte verder op de toevoerdraden aanbrengen, zooals wij in *fig. 15* schematisch

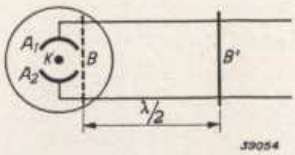


Fig. 15. Kan de afstembrug B niet worden aangebracht, daar deze binnen de buis zou vallen, dan kan men met hetzelfde resultaat een brug B' een halve golflengte verderop aanbrengen.

hebben aangegeven. Dit geval doet zich voor in fig. 7*b*. Om meerdere halve golflengten zichtbaar te maken is de brug nog twee halve golflengten verder dan in fig. 15 aangebracht. *Fig. 16* geeft een dergelijke schakeling weer, aangebracht tusschen de stuurroosters van een dubbele penthode.

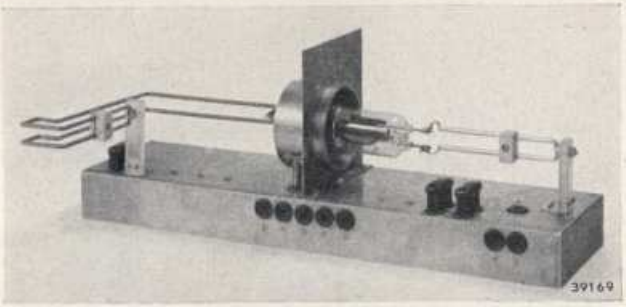


Fig. 16. Dubbele penthode van de draadlooze telefoonverbinding Eindhoven-Tilburg. Tusschen de twee stuurroosters bevindt zich een afstembrug, zooals in fig. 15 schematisch is voorgesteld.

Lechersysteem als impedantietransformator

Wij willen nu Lechersystemen gaan beschouwen, die een kwart golflengte lang zijn en door een willekeurige impedantie Z_1 aan het uiteinde *1* afgesloten zijn. Wij interesseeren ons dan voor de impedantie Z_2 in het andere uiteinde *2*, dat op een afstand $\lambda/4$ van het afgesloten uiteinde *1* verwijderd is. Het blijkt, dat het product dezer beide impedanties gelijk is aan het kwadraat van de golfweerstand:

$$Z_1 Z_2 = \zeta^2 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (28)$$

Neemt men een impedantie Z_2 door middel van een Lechersysteem van een oneven aantal kwart golflengten in een willekeurige schakeling op, dan gedraagt zij zich als een rechtstreeks aangesloten impedantie met de waarde $Z_1 = \zeta^2/Z_2$. Zoo werkt in het algemeen een Lechersysteem van de lengte $(2n + 1)\lambda/4$ als een impedantietransformator en men kan het gebruiken om twee schakelingen te verbinden, waarvan het gewenscht is, dat de belastingsimpedantie van de eerste verschilt van de ingangsimpedantie van de tweede.

Er doet zich bijv. een dergelijk geval voor, als men een antenne moet aanpassen aan een voedingslijn. Is er een bepaalde voedingslijn aanwezig, dan kan men zich nl. afvragen, met welke weerstand die moet worden afgesloten, opdat de verliezen zoo klein mogelijk worden. Men dient de leiding dan af te sluiten met haar eigen golfweerstand ζ, zoodat er loopende golven zullen optreden. De antenne, waar de energie naar toe moet worden geleid, zal echter in het algemeen een andere stralingsweerstand hebben dan ζ, zoodat het noodzakelijk is,

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

een impedantietransformator ertusschen te zetten. Heeft de voedingslijn bijv. een golfweerstand van 300 ohm, terwijl de vrij stralende dipoolantenne van $^1/_2$ golflengte een stralingsweerstand bezit van 73 ohm, dan dient men daartusschen een kwart golflengte transformator aan te brengen met een golfweerstand van $\sqrt{300\times 73}\approx 150$ ohm.

Men zou de aanpassing van voedingsleiding en te voeden weerstand R (bijv. antenne) ook zonder impedantietransformator kunnen bewerkstelligen, door de afstand der voedingsdraden zoo te veranderen, dat $\zeta = R$ wordt. Hierbij zouden echter de verliezen toenemen, daar bij constante stroomamplitudo aan het eind van de voedingslijn de staande golven overgaan in loopende golven, zoodat de knooppunten verdwijnen en de gemiddelde stroomamplitudo langs de voedingslijn grooter wordt. Men kan dus niet zeggen, dat de afwezigheid van staande golven op voedingslijnen onder alle omstandigheden gewenscht is.

Resonantieweerstand en kwaliteitsfactor

De energieverliezen willen wij nu op zoodanige wijze in rekening brengen, dat wij de stroomverdeeling hierbij zoo laten alsof er geen verliezen waren.

Voor een kortgesloten Lechersysteem van een kwart golflengte, dat als schakelelement wordt gebruikt, willen wij weten, hoe zijn impedantie verandert met de frequentie. In het reeds aangehaalde artikel [6]) hebben wij ter karakteriseering van het gedrag van resonantiekringen voor hooge frequenties gebruik gemaakt van de kwaliteitsfactor Q. Deze wordt gedefinieerd als het quotient van de resonantiefrequentie ω_0 en de resonantiebreedte $\Delta\omega$ en kan in het algemeen ook worden opgevat als 2π maal het quotient van veldenergie en per periode ontwikkelde warmte:

$$Q = \frac{\omega_0}{\Delta\omega} = 2\pi \frac{\text{veldenergie}}{\text{per per. ontwikkelde warmte}}. \quad (29)$$

Hieruit volgt nu voor het kortgesloten Lechersysteem van een kwart golflengte:

$$Q = \frac{\omega L^I}{r^I}, \quad \ldots\ldots \quad (30)$$

als r^I de Ohmsche weerstand per cm lengte voorstelt.

De resonantieweerstand R is per definitie gelijk aan het quotient van het gemiddelde kwadraat der spanning V en de per seconde ontwikkelde warmte W. Bij een Lechersysteem van een kwart golflengte berekent men hiervoor:

$$R = \frac{L^I}{C^I r^I \lambda/8} = \frac{4}{\pi} Q\zeta. \quad \ldots \quad (31)$$

Wil men een Lechersysteem van een kwart golflengte in een versterkerschakeling gebruiken, dan moet de resonantieweerstand R groot zijn en bij een bepaalde resonantiescherpte, dwz. een bepaalde Q, dient men er dus voor te zorgen, dat de golfweerstand ζ groot is. In de drie reeds genoemde gevallen (fig. 4, 5 en 6) van Lechersystemen vindt men voor de weerstand r^I per cm, de kwaliteitsfactor Q en de resonantieweerstand R de formules van onderstaande tabel, waarin δ de indringdiepte van het huideffect beteekent.

	r^I	Q	R
1)	$\frac{240\pi^2\delta}{b\lambda}$	$\frac{d}{\delta}$	$\frac{480\,d^2}{b\delta}$
2)	$\frac{60\pi\delta}{\lambda}\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)$	$\frac{2}{\delta}\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}\ln\frac{R_2}{R_1}$	$\frac{480}{\pi\delta}\frac{R_1R_2}{R_1+R_2}\left(\ln\frac{R_2}{R_1}\right)^2$
3)	$\frac{120\,\pi\delta}{R_0\lambda}$	$\frac{2R_0}{\delta}\ln\frac{d}{R_0}$	$\frac{960}{\pi}\frac{R_0}{\delta}\left(\ln\frac{d}{R_0}\right)^2$

In het algemeen is de kwaliteitsfactor Q evenredig met het quotient van volume en oppervlak van de trillingskringen. Bij het laatste geval, twee ronde evenwijdige draden, kan men niet goed een volume van het systeem aangeven, maar in het eerste en tweede geval is dit wel mogelijk. Vooral bij het Lechersysteem van twee evenwijdige banden zien wij direct, dat uit $Q = d/\delta$ volgt, dat Q gelijk is aan $2/\delta$ maal het quotient van volume en oppervlak van de trillingskring, hetgeen ook goed uitkomt voor twee concentrische geleiders, waarvan de stralen R_1 en R_2 niet te veel verschillen. Voor twee concentrische cylinders, wier stralen veel verschillen, is de stroomdichtheid in de binnenste cylinder veel grooter dan in de buitenste en dientengevolge komt deze algemeene formule niet meer geheel uit. Uit de tweede regel van de tabel kan men dié verhoudingen der stralen voor de beide concentrische cylinders uitrekenen, waarvoor resp. de kwaliteitsfactor Q en de resonantieweerstand R zoo groot mogelijk worden. Hiervoor vindt men dan resp. $R_2/R_1 = 3{,}7$ en ongeveer 9.

Lechersysteem als stabilisator

Tijdens het bedrijf blijven de capaciteiten tusschen de electroden van zendbuizen niet geheel constant en daar deze capaciteiten deel uitmaken

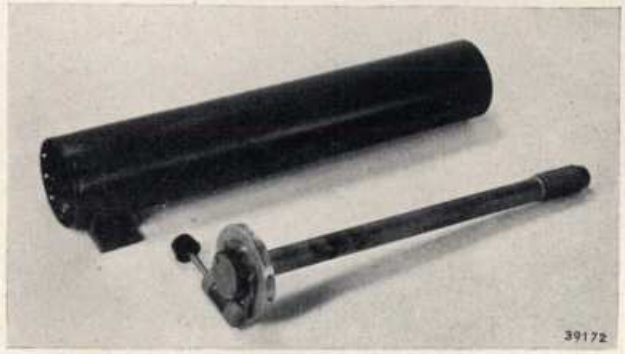
[6]) Philips techn. T. **6**, 217, 1941.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

van de afgestemde kringen, verloopt dan de frequentie der opgewekte trilling. Men voorkomt dit door schakelingen toe te passen, waarin een groote capaciteit parallel komt te staan op dergelijke variabele capaciteiten, zoodat hun invloed veel kleiner wordt. De trillingskring wordt dan verder op resonantie afgestemd door een zelfinductie, die parallel staat op deze groote capaciteiten en die derhalve klein moet zijn. Behalve dooskringen kan men voor dit doel ook zeer goed concentrische open Lechersystemen gebruiken, die een zeer hooge kwaliteitsfactor bezitten en bij een lengte van iets meer dan een kwart golflengte een kleine, practisch verliesvrije zelfinductie beteekenen, zooals direct uit (24) volgt. Een dergelijk als stabilisator in korte golf zenders te gebruiken concentrisch Lechersysteem is afgebeeld in *fig. 17*.

a



b

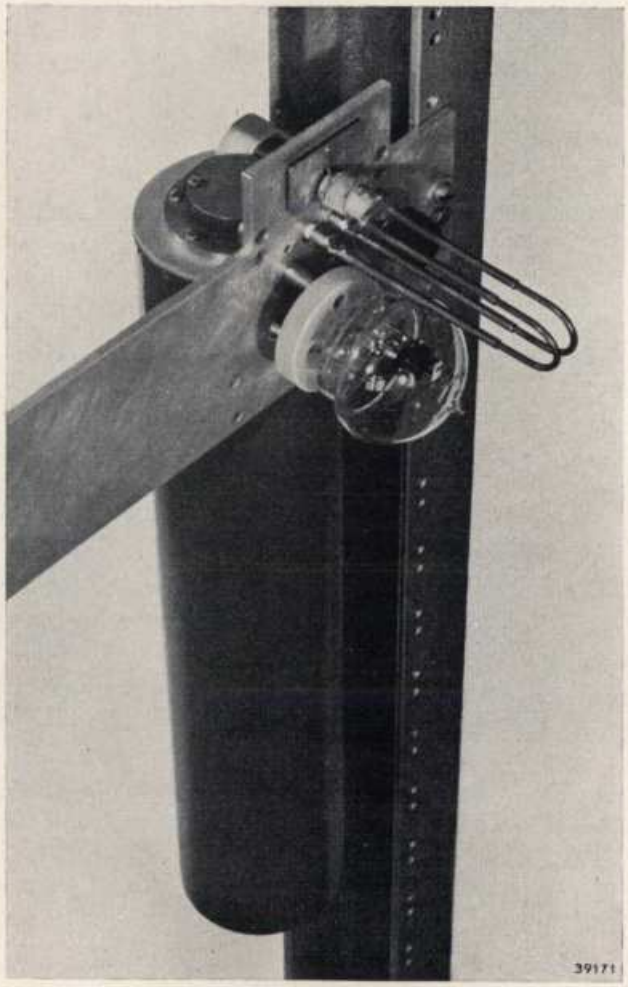


Fig. 17. Concentrisch open Lechersysteem van iets méér dan een kwart golflengte, dat als een practisch verliesvrije, kleine zelfinductie dient voor het stabiliseeren van de hoogfrequente trillingen, die een radiobuis opwekt. De binnenste staaf bestaat ter voorkoming van thermische lengtevariaties uit kwarts en is met een huls van koper omgeven, waarin een harmonica-achtig verbindingsstuk. In *a* ziet men de onderdeelen, in *b* de toepassing van het systeem in een kortegolfzender van 1,2 m golflengte.

Stralingsverliezen

In de voorafgaande beschouwingen is alleen maar rekening gehouden met de Ohmsche verliezen in het Lechersysteem, door dit een weerstand r^I per cm toe te kennen. Er kunnen echter daarnaast ook stralingsverliezen optreden, waarmee wij ons nu tenslotte nog even willen bezighouden. In de practijk voorkomt men de uitstraling van energie veelal door de Lechersystemen af te schermen met behulp van een metalen buis. Heeft men dit echter niet gedaan, dan bedraagt bij een kortgesloten Lechersysteem van een kwart golflengte met een afstand d tusschen de geleiders de per seconde uitgestraalde energie ongeveer:

$$P = 1200\, i_0^2 \frac{d^2}{\lambda^2} \text{ watt}, \quad \ldots \quad (32)$$

waarbij i_0 de maximale stroomsterkte in de brug voorstelt. Eenzelfde hoeveelheid warmte zou worden ontwikkeld in een gelijkmatig langs het Lechersysteem verdeelde aequivalente weerstand r_{aeq} per cm:

$$i_0^2\, r_{aeq}\, \lambda/8 = 1200\, i_0^2 \frac{d^2}{\lambda^2},$$

zoodat wij dan krijgen:

$$r_{aeq} = \frac{9600\, d^2}{\lambda^3} \quad \ldots \quad (33)$$

Voor een Lechersysteem van een kwart golflengte, dat bestaat uit ronde draden met een doorsnede van 2 mm, die op 1 cm van elkaar zijn gespannen, vindt men bijv. bij een golflengte van 75 cm de aequivalente stralingsweerstand:

$$r_{aeq} = 0{,}025 \text{ ohm per cm}, \quad \ldots \quad (34)$$

hetgeen van dezelfde orde van grootte is als de Ohmsche weerstand r^I per cm voor dit systeem.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

KWIKLAMPEN VOOR HET VERVAARDIGEN VAN LICHTDRUKKEN

door A. A. PADMOS en J. VOOGD. 621.372.3 : 778.16

Er wordt nagegaan, welke eischen men moet stellen aan lampen voor het vervaardigen van lichtdrukken. Een voor dit doel geconstrueerde kwikontladingslamp met atmosferische druk wordt in het kort beschreven. Tenslotte wordt aangegeven, hoe men deze lamp het beste kan gebruiken in lichtdrukmachines.

Inleiding

Met behulp van het lichtdrukprocédé is het mogelijk, snel reproducties op ware grootte te vervaardigen van calques, getypte stukken en dergelijke. Hierbij past men dan in het algemeen de methode van de „contactdruk" toe. Het licht passeert het te reproduceeren stuk („origineel") en valt daarna op het er achter aangebrachte lichtdrukpapier. Bij eenvoudige lichtdruktoestellen wordt een dergelijke contactdruk stilstaand uitgevoerd, evenals dit het geval is bij het maken van „afdrukjes" in de gewone fotografie. In grootere lichtdrukmachines wordt het lichtdrukpapier samen met het origineel door een transportband achter langs een gebogen glasruit voortbewogen. De werkwijze van een dergelijke machine is in *fig. 1* in principe weergegeven.

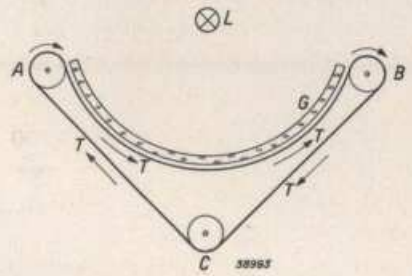


Fig. 1. Principe van de werkwijze eener lichtdrukmachine. *L* lichtbron, *G* glasruit, *T* transportband, die over de cylindrische rollen *A*, *B* en *C* loopt.

Een lichtbron *L* verlicht de cylindrisch gebogen glasplaat *G*. De transportband *T* loopt hier achterlangs. Bij de rol *A* brengt men het origineel tezamen met het lichtdrukpapier tusschen de glasruit en de transportband. De snelheid, waarmee de transportband *T* het papier langs de ruit voert, bepaalt dan de belichtingstijd. Bij de rol *B* neemt men origineel en afdruk uit de machine, waarna de afdruk wordt ontwikkeld. Met behulp van de rol *C* kan men de transportband meer of minder strak spannen.

Het succes van deze werkwijze is voornamelijk te danken aan het feit, dat men de beschikking heeft over goedkoope soorten lichtdrukpapier, die zich door bepaalde eigenschappen bij uitstek leenen voor gebruik op technische schaal. Wij noemen hierbij het feit, dat bij deze soorten lichtdrukpapier de fotochemische reactie geschiedt door het inwerken van violette straling. Deze straling komt in de gebruikelijke verlichting van werklokalen slechts zoo spaarzaam voor, dat men bij het werken met lichtdrukpapier geen speciale maatregelen behoeft te nemen wat de lichtafscherming betreft, teneinde te voorkomen, dat ontijdig fotochemische reacties plaatsvinden.

Voor het snel vervaardigen van afdrukken dient men te zorgen voor een sterke violette belichting. Het lichtdrukprocédé zou zich dan ook niet zoo hebben kunnen inburgeren, wanneer men geen stralingsbronnen tot zijn beschikking had gekregen, die goed bij de eigenschappen van het lichtdrukpapier passen. Alleen hierdoor was het mogelijk, tot de korte belichtingstijden te komen, zonder welke men zich het moderne lichtdrukbedrijf niet kan voorstellen.

Eischen voor de lichtdruklamp

Oorspronkelijk was men voor het vervaardigen van lichtdrukken geheel op het daglicht aangewezen. Daarbij vereischte dan het maken van één enkele afdruk een belichtingstijd van vele minuten. Door voor het afdrukken gebruik te gaan maken van gloeilampen, kon men hierin vrijwel geen verbetering brengen, daar immers ook deze slechts zeer weinig violette straling leveren.

Het invoeren van de koolbooglamp beteekende echter wel een belangrijke vooruitgang. Deze lamp levert nl. een violette straling van een behoorlijke intensiteit, zoodat men hiermee afdruksnelheden bereikt, die varieeren van een halve tot enkele minuten, afhankelijk van de aard van het origineel, dat men wil afdrukken, en van het gebruikte soort lichtdrukpapier.

Toch zijn er ook aan de koolbooglamp nog nadeelen verbonden, welke het rechtvaardigen om uit te zien naar een ander soort lichtbron voor lichtdrukmachines. Zoo vereischen koolbooglampen veel onderhoud, daar men er geregeld nieuwe koolstaven in moet plaatsen en de lampeglazen dient schoon te maken. Verder branden zij vaak onrustig, terwijl het wegens de ongelijkmatige lichtverdeeling soms noodig is, de koolbogen te laten bewegen. De ontwikkeling der kwikdamplampen maakte het mogelijk, aan al deze moeilijkheden te ontkomen. Zij

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

vereischen nl. geen onderhoud, branden zeer regelmatig en kunnen ook zoodanig worden uitgevoerd, dat zij een geschikte lichtverdeeling leveren.

Gaan wij in het kort de eischen na, die men wil stellen aan een lichtdruklamp, dan dient men in de eerste plaats te streven naar zoo kort mogelijke belichtingstijden. Dit beteekent, dat men lampen moet gebruiken met een groot vermogen, die bovendien een groot gedeelte hunner straling in het violet leveren. Wat het totale vermogen der lichtdruklampen in een machine betreft, hieraan wordt een grens gesteld door de maximale temperatuur, die men op glasruit en transportband kan toelaten. In groote lichtdrukmachines met koolbooglampen gebruiken deze lampen 6 à 10 kW. Het gezamenlijke vermogen der kwikdamplampen, die men in een dergelijke lichtdrukmachine wil aanbrengen, mag dus hoogstens van deze orde van grootte zijn.

In de tweede plaats dienen het rendement en de levensduur der kwikdamplampen hun gebruik als lichtdruklampen ook economisch te rechtvaardigen, terwijl men in de derde plaats de afmetingen van de lamp zoo moet kiezen, dat een gelijkmatige lichtverdeeling wordt verkregen. De langgerekte vorm der kwikontladingslampen is in dit verband juist uitermate geschikt. Voor een lichtdrukmachine met een transportband van 1 m breedte kan men met twee lichtdruklampen van 50 cm lengte, die men in elkaars verlengde opstelt, een behoorlijk gelijkmatige lichtverdeeling bewerkstelligen.

Tenslotte is het noodig, dat stroom of spanning aan de lamp bij het ontsteken en tijdens het bedrijf niet onredelijk hoog zijn. Inderdaad is het mogelijk gebleken, een kwikdamplamp te vervaardigen, die voldoet aan de hier gestelde eischen en die dan ook reeds in de practijk haar recht van bestaan als lichtdruklamp heeft bewezen.

Uitvoering der lichtdruklamp

Bij de ontwikkeling van de lichtdruklamp werd uitgegaan van een kwikdampontlading met een druk van ongeveer 1 atmosfeer. Daar tijdens het bedrijf de temperatuur van de omgeving en de koeling van de lamp vrijwel constant zijn, kon met een enkelvoudige glaswand worden volstaan. De afstand tusschen de oxydkathoden bedraagt 55 cm, terwijl de uitwendige diameter der lamp 3 cm is. De lengte van 55 cm van de lichtzuil is gekozen om in staat te zijn, een breedte van 100 à 110 cm gelijkmatig te kunnen belichten met twee lampen, die in elkaars verlengde liggen, dan wel voor een klein gedeelte langs elkaar liggen. De lamp neemt een vermogen van 1900 W op bij een stroom van 8,7 A en een brandspanning van ongeveer 240 V. In serie met een bijbehoorende smoorspoel kan men de lamp aansluiten op een wisselspanning van 380 V. Met behulp van een daartoe ontworpen spaarlektransformator kan de lamp ook op 220 V worden aangesloten. Lamp en vóórschakelinrichting gebruiken in totaal ongeveer 2 kW. In *fig. 2* is deze lichtdruklamp met bijbehoorende smoorspoel afgebeeld.

Om de spectrale energieverdeeling van de lichtdruklamp te karakteriseeren is in *tabel I* voor verschillende golflengten de energiestroomdichtheid I_λ opgegeven in erg/cm²sec in het middenloodvlak der lamp op 100 cm afstand van de as der lamp. In de laatste kolom van tabel I is voor

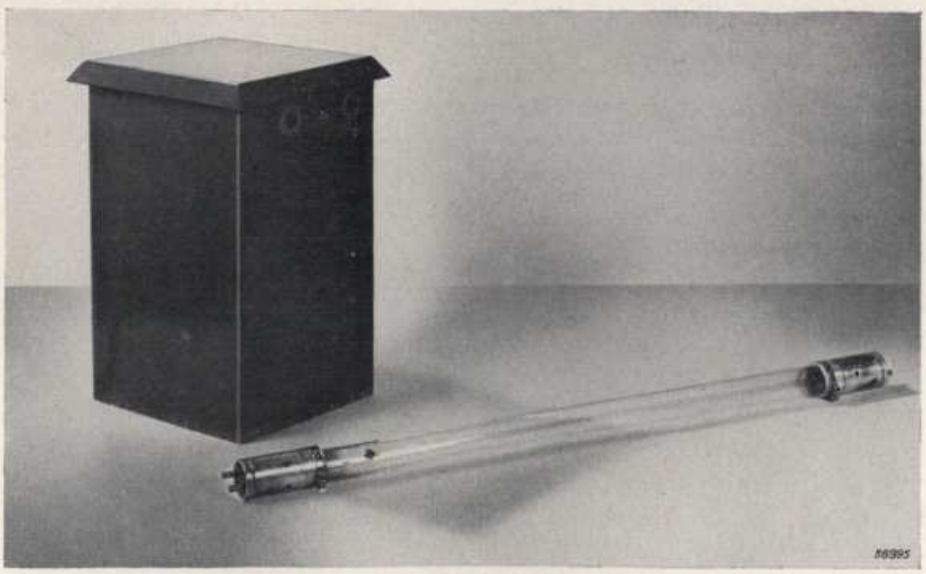


Fig. 2. Lichtdruklamp met een booglengte van 55 cm met bijbehoorende smoorspoel.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

Tabel I

λ in Å	I_λ in erg/cm² sec op 100 cm afstand	$I_\lambda V_\lambda d_\lambda$ in relatieve maat
5770-5791	7920	0
5461	6360	0
4358	4930	132
4047	2520	100
3655	3490	75
3342	70	0,20
3130	105	0
3012	20	0

verschillende golflengten de bijdrage opgegeven, die zij leveren tot de fotochemische reactie in het lichtdrukpapier. Hiertoe werd I_λ vermenigvuldigd met de spectrale gevoeligheid V_λ van het papier en met de spectrale doorlating d_λ van de glasruit. De getallen in de tabel zijn in relatieve maat opgegeven, zoodanig dat voor de golflengte 4047 Å de waarde 100 werd verkregen.

De snelheid, waarmede men lichtdrukken kan maken met deze kwiklamp, is practisch dezelfde als die met een booglamp van hetzelfde vermogen. De vereischte belichtingstijden voor het maken van een afdruk varieeren ongeveer tusschen 10 en 15 sec.

Toepassing der lichtdruklamp

De hier geschetste kwiklampen hebben natuurlijk een heel andere lichtverdeeling dan de vroeger gebruikte koolbooglampen. Op den duur zal dan ook het gebruiken der nieuwe lichtdruklampen wel leiden tot andere constructies voor de lichtdrukmachines, maar het blijkt desalniettemin heel goed mogelijk om in de bestaande machines de koolbogen te vervangen door kwiklampen.

In *fig. 3* zien wij een dergelijke bestaande lichtdrukmachine, die nu is uitgerust met kwiklampen. Door bijv. bij de uiteinden der lampen loodrecht op de as van de buis spiegels aan te brengen, zou men de verdeeling der verlichting nog wel gelijkmatiger kunnen maken en bovendien de benoodigde belichtingstijd kunnen verkorten. In de practijk blijkt echter reeds de gewijzigde lichtdrukmachine van fig. 3 zeer goed te voldoen; de voordeelen der kwikontlading boven de koolboog doen zich volkomen gelden, terwijl men bij hetzelfde vermogen der lampen met dezelfde snelheid afdrukken kan vervaardigen.

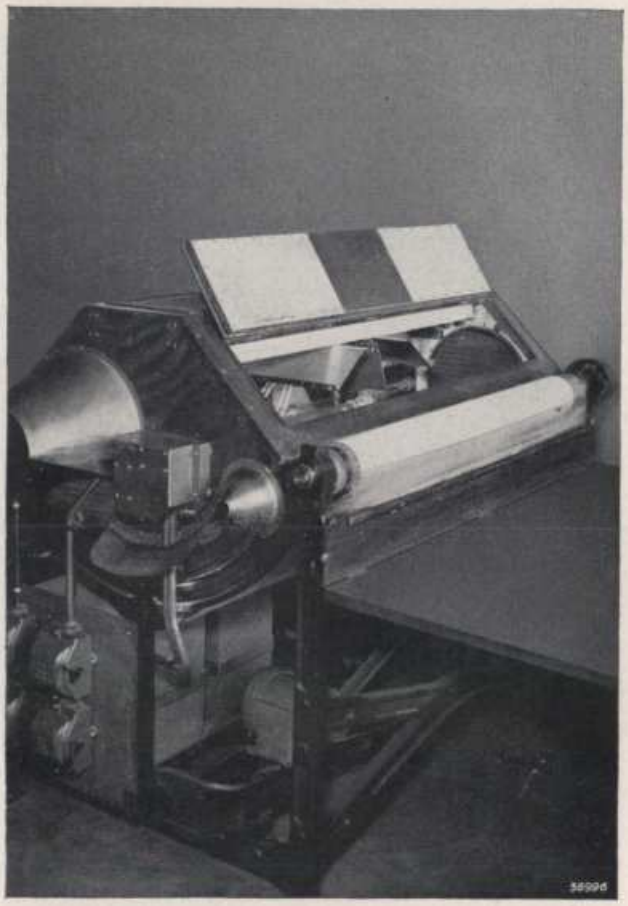
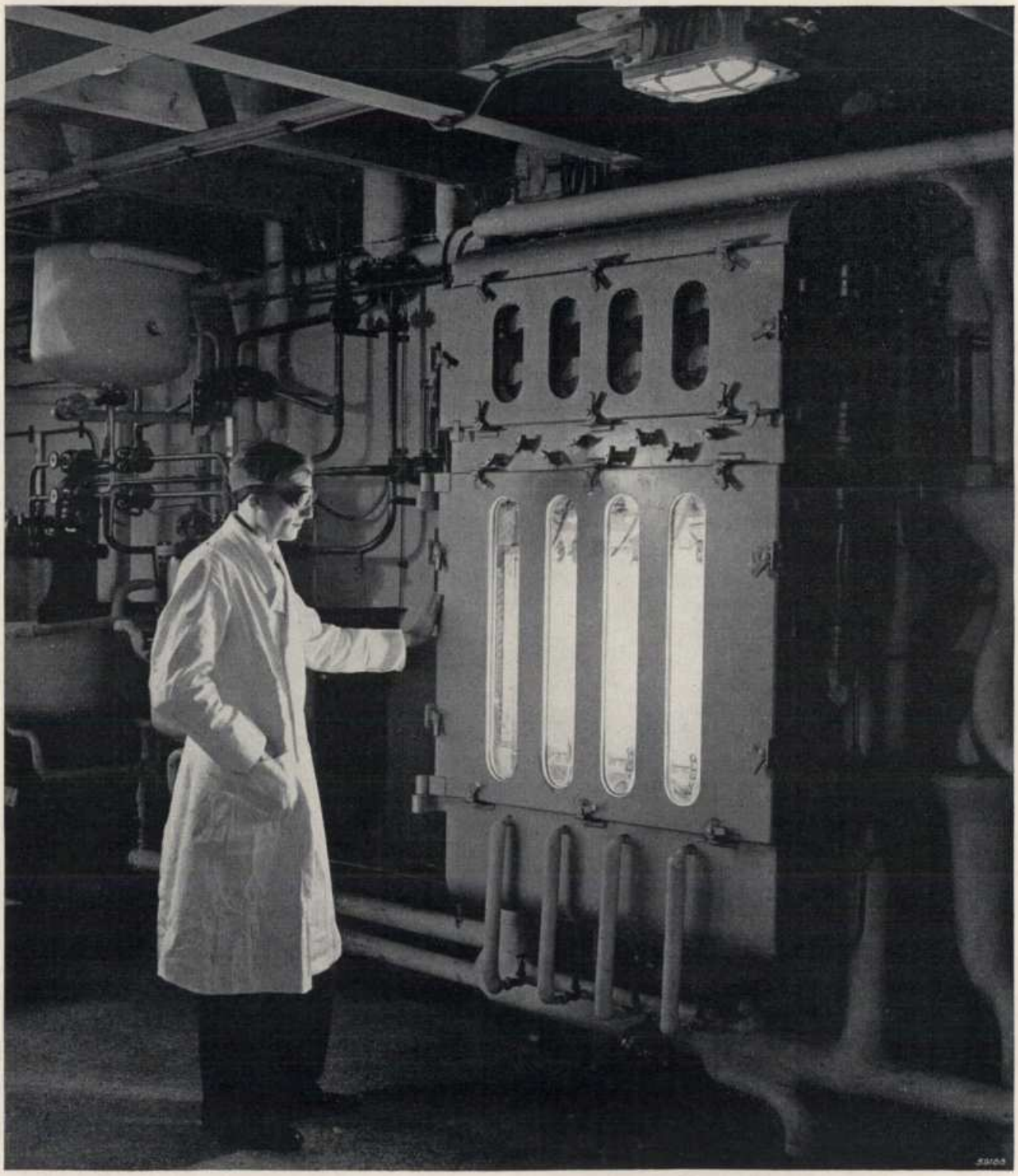


Fig. 3. Lichtdrukmachine, waarin de koolbogen vervangen zijn door kwiklampen. Links onder de machine ziet men de smoorspoelen der kwiklampen staan.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

BEREIDING VAN VITAMINE D



In de fabriek der N.V. Philips-van Houten te Weesp wordt het vitamine D uit provitamine gewonnen in dit bestralingstoestel, dat vier hooge druk kwiklampen uit kwarts bevat, die elk 1,5 kW opnemen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

OVERZICHT VAN RECENTE WETENSCHAPPELIJKE PUBLICATIES DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

Van deze publicaties verstrekt de Administratie van het Natuurkundig Laboratorium, Kastanjelaan, Eindhoven, op aanvrage gaarne overdrukken. Van de publicaties, die met een sterretje * zijn gemerkt, is echter geen voor verspreiding voldoende aantal overdrukken beschikbaar.

1537: A. Claassen und J. Visser: Die maßanalytische Bestimmung des Titans (Rec. Trav. chim. Pays Bas **60**, 213-223, Maart 1941).

Zorgt men voor een volkomen afwezigheid van zuurstof in de oplossingen, speciaal in de titratievloeistof, dan kan men bij het titreeren van driewaardig titanium met oplossingen van ferrizouten tot op 0,1% nauwkeurige uitkomsten krijgen, als men gewoon gebruik maakt van het theoretische ijzergehalte der titratievloeistof. Men vindt echter te lage waarden, indien men de titratie uitvoert bij temperaturen, die boven 40 °C liggen. Het verdient aanbeveling de door Treadwell reeds aangegeven cadmiumreductor te gebruiken voor het reduceeren van het titanium. Om ijzer maatanalytisch naast titanium te bepalen doet men het beste de reductie in de zilverreductor toe te passen.

1538: K. F. Niessen: Über das akustische Analogon der Sommerfeldschen Oberflächenwelle (Physica **8**, 337-343, Maart 1941).

Plant de geluidsgolf van een luidspreker zich voort in de buurt van een plat oppervlak van een poreuze stof, dan helt het golffront van het geluid steeds naar voren, hoe dicht men de luidspreker ook bij het oppervlak opstelt. Dit moet men bij de in dit artikel besproken proeven van Janovsky en Spandöck niet verklaren aan de hand van het acoustische analogon van de ruimtestraling volgens Sommerfeld, maar met behulp van het analogon van zijn oppervlaktegolf. Hierbij dient men dan gebruik te maken van het door Schuster aangegeven analogon der diëlectrische constante en der geleidbaarheid.

1539: J. L. Snoek: The determining factors of permeability (Physica **8**, 344-346, Maart 1941).

De in 1936 door den schrijver verdedigde opvatting (vgl. **1078**), dat voor homogene uitgegloeide legeeringen de permeabiliteit uitsluitend afhangt van de inwendige spanningen en de kristal-anisotropie, is inmiddels bevestigd door onderzoekingen van Grabbe aan langzaam afgekoelde nikkelijzerlegeeringen, en van Williams en Bozorth aan éénkristallen van ijzer en siliciumijzer. In tegenstelling hiermee beantwoorden echter de proeven, die Snoek en Rathenau onlangs hebben verricht aan koud vervormde nikkelijzerlegeeringen, in geenen deele aan deze opvatting. Hoogstwaarschijnlijk speelt hier nog een onbekende factor een rol.

1540: J. F. Schouten: De experimenten van Seebeck met de sirene en de acoustische wet van Ohm (Ned. T. Natuurk. **8**, 154-165, April 1941).

Verschillende onderzoekingen betreffende het gewaarworden van klanken, die Seebeck in 1841 met zijn sirene verrichtte en die destijds aanleiding gaven tot een levendige discussie, daar zij volgens hem niet verklaard konden worden door de toentertijd door Ohm opgestelde, acoustische wet, werden door den schrijver herhaald en bevestigd gevonden. Het blijkt, dat deze verschijnselen op grond van de moderne inzichten betreffende subjectieve klankanalyse (vgl. o.a. Philips techn. T. **5**, 298, 1940) gemakkelijk hun verklaring vinden, welke dan ligt in een richting, waarin Seebeck haar reeds 100 jaren geleden zocht.

1541: K. F. Niessen: Zur Prüfung der Paulingschen Hypothese über die Bindung der Atome in Metallen (Physica **8**, 377-386, April 1941).

Er wordt getracht om uit de gemeten Curietemperatuur van nikkel een bevestiging te vinden van de hypothese van Pauling betreffende de binding der atomen in de metalen scandium tot koper. Deze poging slaagt niet, hoe men ook het door Pauling voorgeschreven aantal 3d-electronen over de niveaus van de ferromagnetische electronenband zou willen verdeelen.

1542: P. J. Bouma: Physiologisch-optische Grundlagen für die Probleme der Luftschutzverdunklung (Physica **8**, 398-412, April 1941).

Voor de inhoud van dit artikel kan in hoofdzaak verwezen worden naar Philips techn. T. **6**, 161, Juni 1941. Verder worden aan de hand van nieuwe experimenteele gegevens nomogrammen geconstrueerd, waaruit men het verband kan aflezen tusschen de helderheid, waarbij men een lichtvlek nog juist kan waarnemen, en de gezichtshoek, waaronder zij wordt gezien.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/13/2023

1543: P. J. Bouma: Der Zusammenhang zwischen den Begriffen Leuchtdichte, Helligkeit, Dunkelleuchtdichte, usw. (Physica **8**, 413-423, April 1941).

Voor de inhoud van dit artikel verwijzen wij naar: Philips techn. T. **6**, 161, Juni 1941.

1544: M. J. O. Strutt und A. van der Ziel: Welche Größen kennzeichnen die Verwendbarkeit einer Elektronenröhre zur Verstärkung kleinster Signale? (Physica **8**, 424-425, April 1941).

In dit artikel wordt er de nadruk op gelegd, dat de verhouding van de ingangsruischweerstand tot de ingangsweerstand tusschen stuurrooster en kathode geen geschikte grootheid is om de bruikbaarheid van een versterkerbuis voor het versterken van kleine signalen te karakteriseeren, maar dat hiertoe wel de verhouding geschikt is tusschen dat gedeelte van de ruischweerstand, hetwelk een gevolg is van fluctuaties in de kathodestroom, en dat gedeelte van de ingangsweerstand, hetwelk een gevolg is van de looptijden der electronen in de buis (vgl.: Philips techn. T. **6**, 178, Juni 1941).

1545: J. L. Snoek: The influence of eddy currents on the apparent hysteresis loop of ferromagnetic bars (Physica **8**, 426-438, April 1941).

In dit artikel wordt een tot nu toe veelal veronachtzaamde meetfout besproken, die optreedt bij ferromagnetische metingen aan staven of draden van magnetisch week materiaal. Hierbij toch wordt het uitwendige magneetveld vrijwel geheel gecompenseerd door het ontmagnetiseerende veld. Verandert men het uitwendige veld nu zoo snel, dat het veld in het binnenste van de staaf tengevolge van wervelstroomen slechts zeer vertraagd kan volgen, dan wordt de ontmagnetiseeringsfactor tijdelijk sterk verlaagd. Dit maakt, dat het buitenste gedeelte van de staaf gedurende korte tijd veel te sterk wordt gemagnetiseerd. Heeft de eindtoestand zich eenmaal ingesteld, dan bevindt derhalve het buitenste gedeelte van de staaf zich op de dalende tak van de magnetiseeringskromme in plaats van op de stijgende tak. Het oppervlak der hysteresiskromme schijnt hierdoor kleiner, dan in werkelijkheid het geval is; ook meet men dientengevolge een te kleine coërcitiefkracht. Deze meetfouten doen zich voor, als de tijdconstante van het uitwendige veld klein is ten opzichte van de tijdconstante van het materiaal. De grootte van de fout in de waargenomen verandering der inductie hangt ook af van de verhouding der veldverandering tot de daarmee gepaard gaande verandering in het ontmagnetiseerende veld. Derhalve treedt de fout niet op bij ringvormige proefstukken, die geen polen bezitten. De vorm en de magnetische eigenschappen van het materiaal bepalen verder de fout, die hoogstens kan voorkomen. Bij materialen met een niet al te kleine coërcitiefkracht heeft men het optreden van deze fout niet erg te vreezen, daar hierbij de tijdconstante van het uitwendige veld veelal grooter zal zijn dan die van het materiaal.

1546: M. J. Druyvesteyn: Die elastische Anisotropie von Molybdän (Physica **8**, 439-448, April 1941).

De elasticiteitsmodulus en de torsiemodulus zijn bepaald voor polykristallijn molybdeen en voor strippen, die in verschillende richtingen met een beitel zijn gehakt uit gewalste platen van molybdeen, welke duidelijk een textuur vertoonen. De verschillende elastische constanten van molybdeen kunnen nu berekend worden uit deze metingen en de door Bridgman bepaalde compressibiliteit. Molybdeen is het eerste metaal, waarbij is vastgesteld, dat de elasticiteitsmodulus in de richting van de hoofd diagonaal kleiner is dan die langs de ribben van de elementaire kubus van het kristal.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!